بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشگاه صنعتی شاهرود**

**دانشکده کشاورزی**

**گروه زراعت**

# ارزیابی تأثیر تلقیح رایزوبیومی و کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا

**فرزانه صفدری دوغایی**

استاد راهنما:

**دکتر حمید عباس دخت**

اساتید مشاور:

**دکتر احمد غلامی**

**دکتر حمیدرضا اصغری**

**پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

دی ماه ۱۳۹۲

پیوست شماره ۲

**دانشگاه صنعتی شاهرود**

**دانشکده :کشاورزی**

**گروه : زراعت**

**پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم: فرزانه صفدری دوغایی**

**تحت عنوان: ارزیابی تأثیر تلقیح رایزوبیومی و کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا**

در تاریخ **۱۳۹۲/۱۰/۹** توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه **عالی** مورد پذیرش قرار گرفت.

| اساتید راهنما | امضاء | اساتید مشاور | امضاء |
|---|---|---|---|
| نام و نام خانوادگی :<br>**دکتر حمید عباس دخت** | | نام و نام خانوادگی :<br>**دکتر احمد غلامی** | |
| نام و نام خانوادگی : | | نام و نام خانوادگی :<br>**دکتر حمیدرضا اصغری** | |

| اساتید داور | امضاء | نماینده تحصیلات تکمیلی | امضاء |
|---|---|---|---|
| نام و نام خانوادگی :<br>**دکتر منوچهر قلی پور** | | نام و نام خانوادگی :<br>**دکتر کامبیز جهان بین** | |
| نام و نام خانوادگی :<br>**دکتر حسن مکاریان** | | | |
| نام و نام خانوادگی : | | | |
| نام و نام خانوادگی : | | | |

تقدیم به:

# پدر و مادر عزیزم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان

و به پاس محبت های بی دریغ شان که هرگز فروکش نمیکند

تقدیم به

# همسر مهربانم

که در سایه همیاری و همدلی او به این منظور نایل شدم

# تقدیر وتشکر

اینک که در پرتو لطف و عنایت پروردگار مراحل انجام این تحقیق به پایان رسیده، بر خود واجب می‌دانم که مراتب تشکر و قدردانی خود را خدمت تمام عزیزانی که در اجرای این پایان‌نامه همکاری نموده و راهگشا بودند، عرض کنم.

از استاد راهنمای گرانقدر و فرزانه جناب آقای **دکتر حمیدعباس دخت** به خاطر راهنمایی‌ها و ارشادات علمی سازنده و همچنین به خاطر متانت و سعه‌صدر ایشان در پاسخگویی به مسائل و مشکلات عدیده اجرایی در این پایان‌نامه صمیمانه تشکر می‌کنم و برای ایشان آرزوی پیروزی و بهروزی هر چه افزونتر را دارم.

از اساتید مشاور محترم و ارجمند آقایان **دکتر حمیدرضا اصغری** و **دکتر احمد غلامی** که از پیشنهادات ارزنده ایشان بهره‌مند شدم، تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از آقایان دکتر منوچهر قلی پور و دکتر حسن مکاریان که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را پذیرفتند، کمال تشکر را دارم. از بذل توجه مخصوص این سروران بی‌نهایت سپاسگذارم و توفیق هر چه بیشتر بزرگواران را در برآورده شدن اهداف متعالی‌شان از خداوند منان مسئلت دارم.

مراتب سپاس خود را به حضور دوستان گرامی خانم‌ها مهندسین فاطمه عامریون، مهسامهرپویا، مهدیه زمردی، فرزانه مصطفوی و سایر دوستان و سرورانی که به نحوی از الطاف بی‌ریایشان بهره‌مند گشتم تقدیم و برایشان آرزوی سعادت و شادکامی می‌کنم.

در نهایت سپاس و امتنان قلبی خود را به پیشگاه پدر و مادر عزیزتر از جانم و همسر مهربانم که ارزشمندترین افتخار و پشتوانه من در زندگی هستند، به خاطر فداکاری‌ها و حمایت‌های بی‌دریغ‌شان تقدیم می‌دارم.

فرزانه صفدری

دی ۹۲

# تعهد نامه

اینجانب **فرزانه صفدری دوغایی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **اکولوژیک** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارزیابی تأثیر تلقیح رایزوبیومی و کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا** تحت راهنمائی **دکتر حمیدعباس دخت** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

**تاریخ**

**امضای دانشجو**

**مالکیت نتایج و حق نشر**

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

**مقالات مستخرج از پایان نامه**

**ارزیابی تاثیر تلقیح رایزوبیومی و کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا.** دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم. اردبیل. ۳۰ و ۳۱ مرداد ۱۳۹۲.

**ارزیابی تاثیر تلقیح رایزوبیومی و کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و خصوصیات فیزیومورفولوژیک سویا.** دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم. اردبیل. ۳۰ و ۳۱ مرداد ۱۳۹۲.

## چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، باکتری تثبیت کننده نیتروژن و کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا (تلقیح و بدون تلقیح با قارچ *Glomus intraradices*)، باکتری تثبیت کننده نیتروژن (تلقیح و بدون تلقیح با باکتری *Rhizobium japonicum*) و مصرف کود سولفات پتاسیم (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. جهت انجام آنالیزهای رشد سطح برگ و وزن خشک اندام‌ها با فواصل زمانی ۱۵ روز اندازه‌گیری شدند. عملکرد و اجزای عملکرد در انتهای آزمایش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر اصلی قارچ میکوریزا بر روی تمامی متغیرهای اندازه گیری شده به غیر از وزن صددانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و عملکرد بوته معنی دار شد. اثر اصلی کود پتاسیم بر روی تمامی صفات اندازه گیری شده به غیر از تعداد دانه در غلاف معنی دار شد. اثر اصلی باکتری ریزوبیوم بر روی تمامی صفات اندازه گیری شده به غیر از شاخص برداشت معنی دار شد و سبب افزایش در این صفات گردید. اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در ارتفاع، تعداد غلاف در بوته، درصد روغن و درصد کلونیزاسیون ریشه معنی دار گردید. استفاده از باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم شاخص های رشد را نسبت به شاهد افزایش داد. قارچ میکوریزا و کود پتاسیم تاثیر بیشتری در صفات مورد بررسی در این آزمایش داشتند.



**کلمات کلیدی:** سویا، باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم، قارچ میکوریزا، کود پتاسیم

**فهرست مطالب**

**مطالب**

**صفحه**


فصل اول: مقدمه ..... ۱

فصل دوم: بررسی منابع ..... ۷

۲-۱- سویا ..... ۸

۲-۲-گیاه شناسی سویا ..... ۹

۲-۲-۱- برگ ..... ۱۰

۲-۲-۲- ساقه ..... ۱۰

۲-۲-۳- گل ..... ۱۰

۲-۳- اکولوژی سویا ..... ۱۱

۲-۴- اثرات منفی کودهای شیمیایی ..... ۱۲

۲-۵- کودهای بیولوژیک ..... ۱۳

۲-۶- تثبیت زیستی نیتروژن ..... ۱۴

۲-۷- ریزوبیوم ..... ۱۴

۲-۷-۱- فاکتورهای موثر بر گره زایی و همزیستی ریزوبیوم ..... ۱۵

۲-۷-۲- اثر ریزوبویم بر گیاهان ..... ۱۶

۲-۸- قارچ میکوریزا ..... ۱۷

۲-۸-۱- طبقه بندی قارچ‌های میکوریزا و چگونگی برقراری همزیستی ..... ۱۷

۲-۸-۲- گسترش و کلونیزایی میکوریزا ..... ۱۸

۲-۸-۲-۱- مراحل گسترش کلونیزایی قارچهای VAM ..... ۱۹

۲-۸-۲-۱-۱- پیش کلونیزایی ..... ۱۹

۲-۸-۲-۱-۲- کلونیزایی ثانویه ..... ۱۹

۲-۸-۲-۱-۳- تشکیل آربسکول- وزیکول ..... ۱۹

۲-۸-۳- تاثیرات عمومی میکوریزای آربسکولار ..... ۲۰

۲-۸-۳-۱- رشدگیاه ..... ۲۰

۲-۸-۳-۲- جذب عناصر غذایی ..... ۲۰
۲-۸-۴- تأثیر همزیستی میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه ..... ۲۱
۲-۸-۵- اثرات متقابل میکوریزا و ریزوبیوم ..... ۲۲
۲-۹- پتاسیم ..... ۲۵
**فصل سوم: مواد و روش ها** ..... ۲۹
۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش ..... ۳۰
۳-۲-ویژگی‌های آب و هوایی ..... ۳۰
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش ..... ۳۰
۳-۴- عملیات اجرایی ..... ۳۰
۳-۵- مصرف باکتری ..... ۳۱
۳-۶- مصرف قارچ ..... ۳۱
۳-۷- مصرف کود پتاسیم ..... ۳۲
۳-۸- عملیات داشت ..... ۳۲
۳-۹- نمونه برداری ..... ۳۲
۳-۹-۱- نمونه برداری عملکرد ..... ۳۳
۳-۱۰- تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه ..... ۳۳
۳-۱۱- برآورد شاخص‌های رشد ..... ۳۴
۳-۱۱-۱- شاخص سطح برگ (LAI) ..... ۳۳
۳-۱۱-۲- سرعت رشد گیاه (CGR) ..... ۳۴
۳-۱۱-۳- سرعت رشد نسبی (RGR) ..... ۳۵
۳-۱۲- تجزیه آماری داده ها ..... ۳۵
**فصل چهارم: نتایج و بحث** ..... ۳۷
۴-۱ وزن خشک غلاف در متر مربع ..... ۳۸
۴-۲ ارتفاع ..... ۴۱
۴-۳ درصد همزیستی میکوریزایی ..... ۴۵

۴-۴ تعداد غلاف در بوته..... ۴۹
۴-۵ تعداد دانه در غلاف..... ۵۳
۴-۶ وزن صددانه..... ۵۵
۴-۷ عملکرد دانه در هکتار..... ۵۸
۴-۸ درصد پروتئین..... ۶۲
۴-۹ درصد روغن..... ۶۶
۴-۱۰ عملکرد بیولوژیک..... ۷۱
۴-۱۱ شاخص برداشت..... ۷۶
۴-۲- بررسی روند آنالیزهای رشد..... ۷۹
۴-۲-۱شاخص سطح برگ (LAI )..... ۷۹
۴-۲-۲ سرعت رشد محصول (CGR)..... ۸۲
۴-۲-۳ سرعت رشد نسبی(RGR)..... ۸۵
نتیجه گیری..... ۸۸
پیشنهادها..... ۸۹
منابع..... ۹۵

**فهرست اشکال**

**اشکال**

**صفحه**


شکل ۴-۱ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر وزن خشک غلاف ..... ۳۸

شکل ۴-۲ تاثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف ..... ۳۹

شکل۴-۳ تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف ..... ۴۰

شکل۴-۴ اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف ..... ۴۰

شکل ۴- ۵ اثر باکتری ریزوبیوم بر ارتفاع ..... ۴۲

شکل ۴- ۶ تاثیر قارچ میکوریزا بر ارتفاع ..... ۴۳

شکل ۴- ۷ اثر کود پتاسیم بر ارتفاع ..... ۴۴

شکل ۴-۸ اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر ارتفاع ..... ۴۴

شکل ۴-۹ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته ..... ۴۵

شکل ۴- ۱۰ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر درصد کلونیزاسیون ریشه ..... ۴۶

شکل ۴- ۱۱ اثر قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه ..... ۴۷

شکل ۴- ۱۲ اثر کود پتاسیم بر درصد کلونیزاسیون ریشه ..... ۴۷

شکل۴-۱۳ اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر درصد کلونیزاسیون ریشه ..... ۴۸

شکل ۴-۱۴تاثیر باکتری ریزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته ..... ۵۰

شکل ۴- ۱۵ اثر کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته ..... ۵۰

شکل ۴-۱۶ اثر متقابل میکوریزا و باکتری بر تعداد غلاف در بوته ..... ۵۱

شکل ۴-۱۷ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته ..... ۵۲

شکل ۴-۱۸ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته ..... ۵۲

شکل ۴-۱۹ تاثیر مصرف باکتری ریزوبیوم بر تعداد دانه در غلاف ..... ۵۴

شکل ۴-۲۰ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر تعداد دانه در غلاف ..... ۵۵

شکل ۴-۲۱ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر وزن صد دانه ..... ۵۶

شکل ۴-۲۲ اثر کود پتاسیم بر وزن صد دانه ..... ۵۶

شکل ۴-۲۳ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن صددانه..... ۵۷
شکل ۴-۲۴ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد دانه..... ۵۹
شکل ۴-۲۵ تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد دانه..... ۶۰
شکل ۴-۲۶ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه در هکتار..... ۶۱
شکل ۴- ۲۷ تاثیر مصرف باکتری ریزوبیوم بر درصد پروتئین..... ۶۲
شکل ۴-۲۸ تاثیر قارچ میکوریزا بر درصد پروتئین..... ۶۳
شکل ۴- ۲۹ تاثیر کود پتاسیم بر درصد پروتئین..... ۶۴
شکل ۴- ۳۰ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد پروتئین..... ۶۵
شکل ۴-۳۱ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر درصد پروتئین..... ۶۵
شکل ۴-۳۲ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر درصد روغن..... ۶۷
شکل ۴-۳۳ تاثیر قارچ میکوریزا بر درصد روغن..... ۶۷
شکل ۴-۳۴ تاثیر کود پتاسیم بر درصد روغن..... ۶۸
شکل ۴-۳۵ اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر درصد روغن..... ۶۹
شکل ۴- ۳۶ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر درصد روغن..... ۷۰
شکل ۴-۳۷ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن..... ۷۱
شکل ۴-۳۸ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۲
شکل ۴-۳۹ تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۳
شکل ۴-۴۰ تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۴
شکل ۴-۴۱ اثر متقابل میکوریزا وکود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۵
شکل ۴-۴۲ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۵
شکل ۴-۴۳ تاثیر قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت..... ۷۷
شکل ۴-۴۴ تاثیر کود پتاسیم بر شاخص برداشت..... ۷۸
شکل ۴-۴۵ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر شاخص برداشت..... ۷۸
شکل ۴-۴۶ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر شاخص برداشت..... ۷۹
شکل ۴-۴۷ روند تغییرات سطح برگ در شرایط مصرف باکتری ریزوبیوم..... ۸۱

شکل۴-۴۸ روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط مصرف قارچ میکوریزا..... ۸۱
شکل۴-۴۹ روند تغییرات سطح برگ در شرایط مصرف کود پتاسیم..... ۸۲
شکل۴-۵۰ روند تغییرات سرعت رشد محصول در شرایط مصرف باکتری ریزوبیوم..... ۸۴
شکل۴-۵۱ روند تغییرات سرعت رشد محصول در شرایط مصرف قارچ میکوریزا..... ۸۴
شکل۴-۵۲ روند تغییرات سرعت رشد محصول در شرایط مصرف کود پتاسیم..... ۸۵
شکل۴-۵۳ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف باکتری ریزوبیوم.....۸۶
شکل۴-۵۴ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف قارچ میکوریزا..... ۸۷
شکل۴-۵۵ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف کود پتاسیم..... ۸۷
شکل پیوست ۱– نقشه کاشت آزمایش..... ۹۳

**فهرست جداول**

**جدول**

**صفحه**

جدول ۴-۱ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف..... ۴۱

جدول ۴-۲ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد کلونیزاسیون ریشه ..... ۴۹

جدول ۴-۳ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته ..... ۵۳

جدول ۴ -۴ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن صد دانه..... ۵۸

جدول ۴ -۵ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه.....۶۱

جدول ۴-۶ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد پروتئین.....۶۶

جدول ۴-۷ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن..... ۷۱

جدول ۴-۸ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک.....۷۶

جدول پیوست ۴-۱ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم..... ۹۰

جدول پیوست ۴-۲ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم..... ۹۱

جدول پیوست ۴-۳ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم..... ۹۲

# فصل اول

# مقدمه

## مقدمه

دانه‌های روغنی به عنوان یکی از منابع عظیم انرژی و پروتئین شناخته می‌شوند. یکی از نیازهای اساسی روند رشد جمعیت در زمینه محصولات کشاورزی، تأمین روغن‌های گیاهی از دانه‌های روغنی است که تولیدات آن‌ها به مصارف مختلف صنعتی، خوراکی، لوازم بهداشتی و آرایشی می‌رسند .در این میان سویا به دلیل تولید پروتئین و روغن بالا در واحد سطح در بین گیاهان روغنی دارای اهمیت بیشتری است. سویا با داشتن ۴۵ درصد پروتئین و ۱۸ تا ۲۰ درصد روغن یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که اهمیت زیادی در کشاورزی و صنعت دارد. روغن سویا یکی از اجزای اصلی بازار روغن خوراکی است و برای خوراک انسان به صور مختلف به خصوص مارگارین و روغن جامد مصرف می‌شود. کنجاله سویا به عنوان یک منبع پروتئین جهت اختلاط با سایر خوراک‌های دام و مرغ به شدت مورد تقاضاست. سطح زیر کشت سویا در کشور در سال ۱۳۸۴-۱۳۸۳ حدود ۸۲ هزار هکتار برآورد شده است که میزان تولید آن حدود ۱۹۸ هزار تن برآورد شده است (بی نام، ۱۳۸۵). زراعت این گیاه در ایران از نظر تأمین بخشی از روغن مورد نیاز کشور از اهمیت خاصی برخوردار است (خواجویی نژاد و همکاران، ۱۳۸۳).

جمعیت جهان با یک روند تقریبا نمایی در حال رشد است. با افزایش جمعیت جهان فشار بیشتری بر زمین‌های زراعی موجود، محیط و منابع طبیعی بویژه منابع غیر قابل تجدید وارد می آید. محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی رو به رو نموده است. بنابراین برای افزایش تولید محصولات کشاورزی یا باید سطح زیر کشت را بیشتر کنیم که چندان مقدور نیست و یا باید میزان تولید در واحد سطح را افزایش داد. از مؤلفه های اساسی افزایش عملکرد محصولات مصرف بیشتر نهاده‌ها بویژه کودهای شیمیایی است. در چند دهه‌ی اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی

عدیده ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲).

بروز مشکلات اقتصادی و زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و نیز توجه به قابلیت‌های ذاتی بسیار جالب و متنوع موجودات خاکزی و بویژه میکروارگانیسم‌ها موجب گردیده که یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین زمینه‌های مورد تحقیق در مطالعات علمی روز تلاش برای تولید کودهای زیستی باشد. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار بکار می‌روند (صالح راستین، ۱۳۸۰).

از این رو استفاده از این کودها نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن در کشاورزی علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل می نماید و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می گردند (ارانکون و همکاران، ۲۰۰۴).

سویا از جمله گیاهانی است که برای تولید محصول احتیاج به مقادیر فراوانی نیتروژن دارد بطوری‌که این نیاز برای هر تن محصول حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. توانایی گیاه سویا در همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن موجب شده که این گیاه اتکای کمتری به منابع نیتروژن خاک داشته باشد به‌طوری که میزان پروتئین دانه در گیاهان همزیست با باکتری ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان فاقد باکتری بوده است (کریشنان و همکاران، ۲۰۰۰ ). به عقیده محققین در صورتی که سیستم همزیستی در این گیاه به کارایی بالا رسانده شود، سویا از جمله لگوم‌هایی است که به کود نیتروژنی پاسخ مثبت نشان نمی‌دهد (کیسر و لی، ۱۹۹۲). مقدار نیتروژن تثبیت شده توسط سویا متغیر بوده و به عوامل خاکی و محیطی، سویه باکتری مورد استفاده و رقم سویای کشت شده بستگی دارد (کیسر و لی،۱۹۹۲). حداکثر مقدار تثبیت نیتروژن را ۲۳۷ کیلوگرم در هکتار در سال ذکر کرده

اند (مجنون حسینی، ۱۳۷۵). در برخی مطالعات توانایی این همزیستی در تامین نیتروژن مورد نیاز سویا تا ۹۵ درصد نیز گزارش شده است (لامباردو، ۱۹۹۱).

سویا برای رشد به فسفر زیادی نیاز دارد و تقریبا ۸۰ درصد فسفر و ۹۰-۶۰ درصد پتاسیم مورد نیاز در ۳۰ روز آخر دوره رشد گیاه جذب می‌شوند (کیسر و لی، ۱۹۹۲). ریشه حبوبات در اغلب خاک ها رشد کرده و به طور همزمان با ریزوبیوم های مولد گره و نیز قارچ‌های میکوریزا رابطه‌ی همزیستی برقرار می‌کنند (آنتون، ۱۹۹۸).

قارچ‌های میکوریزا مجموعه‌ای از قارچ‌های همزیست با ریشه گیاهان می‌باشند که نقش به سزایی در افزایش کارایی استفاده از فسفر خاک و کاهش مصرف کودهای فسفر دارند. قارچ‌های میکوریزا با کلونیزاسیون ریشه گیاهان میزبان، سبب بهبود جذب مواد معدنی بویژه فسفر شده (اسمت و رید، ۱۹۹۷؛ آنتون، ۱۹۹۸؛ آل کاراکی، ۲۰۰۰)، و پس از فتوسنتز، منابع کربنی را از گیاه دریافت می‌کنند. اهمیت این قارچ‌ها در اکثر اکوسیستم‌ها بواسطه فوایدی نظیر افزایش رشد، مقاومت به بیماری‌های خاکزاد، حفظ خاکدانه‌ها و نیز بهبود چرخه‌ی میکروبی و مواد غذایی در خاک است. در زمان فقر مواد غذایی احتمالاً قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار نقش قابل توجهی را ایفا می‌کنند و سبب تسریع در چرخه‌ی مواد می‌شوند (گیانیانازی و اتال، ۱۹۹۴). علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش جذب مواد غذایی، تغییر مورفولوژی ریشه ، افزایش جذب آب و جلوگیری از بروز بیماری‌های ریشه می‌شوند (آلوش و همکاران، ۲۰۰۰).

محصولاتی همچون سویا که محتوی پروتئین بالایی هستند در مقایسه با سایر محصولات دانه‌ای پتاسیم بیشتری از خاک برداشت می کنند. با توجه به اهمیت بالای این گیاه و نیاز کشور به تولید آن باید تحقیقات بیشتری پیرامون مسائلی نظیر بالا بردن عملکرد، درصد روغن و پروتئین و همچنین بهبود سایر صفات کیفی این گیاه انجام گیرد. یکی از مهم ترین مسائل موضوع تغذیه صحیح و مناسب در طول رشد محصول و تهیه کلیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به حد کافی برای تولید محصول بیشتر و با کیفیت برتر است که باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. پتاسیم به عنوان یکی از عناصر پر

مصرف اهمیت بسیار زیادی دارد و اگرچه خود جزئی از ساختمان گیاه نیست ولی در انجام واکنش‌های داخلی گیاه نقش کلیدی دارد تا حدی که به آن عنصر کیفیت می گویند. بیشترین نقش پتاسیم در گیاهان نقش کاتالیزوری آن است. پتاسیم، فعال کننده آنزیم‌های زیادی در گیاه است و این آنزیم‌ها کاتالیزور ساخت موادی از جمله نشاسته و پروتئین هستند (ملکوتی، ۱۳۷۸).

با توجه به آنچه گفته شد هدف از اجرای این پژوهش تأثیر تلقیح رایزوبیومی و کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا بود.

# فصل دوم

# بررسی منابع

## ۲-۱- سویا

سویا که به انگلیسی آن را Soybean می‌نامند گیاهی است از خانواده لگومینوز که نام علمی آن *Glycin max (L)* و از *Glycin ussuriensis* که یک گیاه یکساله خزنده و متعلق به شمال چین، کره، تایوان و ژاپن می‌باشد بوجود آمده است. جنس *Glycin* دارای جنس‌های زیادی است که شامل گیاهان خزنده چندساله است و در استرالیا، شرق آفریقا و جنوب غربی آسیا یافت می‌شود. سویا را اغلب یکی از قدیمی‌ترین محصولات اهلی می‌دانند که در قرن یازدهم یعنی دیر زمانی پس از بومی شدن کنجد در خاورمیانه بومی شده است. براساس مدارک تاریخی، نیمه شرقی شمال چین را به‌عنوان منطقه اهلی کردن سویا می‌دانند. سویا از طریق چین در کشورهای همسایه کره و ژاپن و جنوب شرقی آسیا و سرانجام در اطراف جهان پراکنده شد. این دانه روغنی به‌عنوان یک محصول اهلی تا آغاز قرن بیستم که آمریکا آن را به یک محصول تجارتی عمده تبدیل کرد، اساسا در انحصار آسیا باقی ماند. آمریکا درحال حاضر بیشترین ارقام سویا را در اختیار دارد که هرچند از نظر ظاهر شباهتی ندارند ولی از نظر ژنتیکی مشابهند (رستگار، ۱۳۸۵). سایر کشورهای مهم تولیدکننده سویا در جهان عبارتند از: برزیل، آرژانتین و چین.

سویا در دهه دوم قرن اخیر به ایران آورده شد، ولی بررسی‌های انجام شده برروی این گیاه موفقیت آمیز نبود. در سال ۱۳۴۱ گروه صنعتی بهشهر مقداری بذر سویا وارد کرد و به توسعه کشت آن در شمال کشور پرداخت. با اینکه سویا از لحاظ تولید پروتئین و روغن بسیار با ارزش است و تنوع زیادی از نظر ارقام و طیف وسیعی از لحاظ سازگاری اقلیمی – خاکی دارد، اما سطح زیر کشت آن در ایران به دلیل پائینی کیفیت بذر تولیدی و حساسیت شدید فرآیند استقرار گیاه به کیفیت بستر و شوری خاک توسعه زیادی نیافته است. بر اساس گزارش فائو، سطح زیر کشت سویا در ایران در سال ۲۰۰۰ حدود ۹۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد حدود ۱/۰۵ تن در هکتار بوده است (خواجه پور، ۱۳۸۳).

مهمترین مناطق کشت سویا در شمال کشور، گرگان، گنبد، بابل و ساری می‌باشند. علاوه بر نواحی شمالی این محصول در استان‌های لرستان، آذربایجان غربی و اردبیل (دشت مغان) کشت می‌شود. این گیاه چون از خانواده بقولات است می‌توان از آن به‌عنوان منبع ازت جهت تقویت خاک برای کشت بعدی استفاده نمود (میرزایی، ۱۳۸۳).

## ۲-۲- گیاه شناسی سویا

سویا یا سوژا و یا لوبیای روغنی (*Glycin max L. Merrill* ) گیاهی است زراعی و یکساله از تیره نیامداران *Legominosea*، زیر خانواده *Popilionidea* و طایفه‌ی *Phaseolea* که از گیاهان بومی چین می‌باشد و احتمالا از *Glycine ussuriensis* مشتق شده است که این گونه نیز در آسیای شرقی رشد می‌کند(خواجه پور، ۱۳۸۳). واژه *Glycine* از کلمه یونانی *Glykys* به معنی شیرین گرفته شده است که توسط لینه معرفی گردیده و همچنین *G.max* در سال ۱۹۱۷ توسط Merrill ارائه شده و به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت (ویلکوکس، ۱۹۸۷). سویا گیاهی است دیپلوئید و دارای مسیر فتوسنتزی سه کربنه که به صورت گیاهی استوار و نسبتا پربرگ رشد می‌کند. میانگین ارتفاع گیاه از ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر متغیر است. میزان رشد رویشی و طول دوره رشد آن به نوع رقم، طول روز، دمای محیط و تاریخ کاشت بستگی زیادی دارد، ولی بسیاری از ارقام مورد کاشت در ایران سیکل حیاتی خود را طی ۱۰۰ تا ۱۵۰ روز به اتمام می‌رسانند ( خواجه پور، ۱۳۸۳).

### ۲-۲-۱- برگ

سویا دارای چهار نوع برگ است : لپه‌ها، برگ‌های اولیه تک برچه‌ای، برگهای سه برچه‌ای و برگچه‌های ضمیمه. لپه یا برگ دانه تقریبا بیضی شکل بوده و بوسیله اپیدرمی که دارای روزنه در سطح زیرین و فوقانی است احاطه شده است. برگ‌های اولیه با دو برگ متقابل تک برچه‌ای بلافاصله در بالای لپه‌ها تشکیل می‌شوند. دمبرگ آنها به طول ۱ تا ۲ سانتی‌متر و دارای استیپول در محل

اتصال دمبرگ به ساقه است. سایر برگها در روی ساقه یا شاخه‌ها متناوب و سه برگچه‌ای هستند. برگچه‌ها در فرمهای کشیده و بیضی بوده و دارای حاشیه کامل هستند. یک برجستگی بزرگ در محل اتصال دمبرگ به ساقه و یک برجستگی کوچک در محل اتصال برگچه‌ها به دمبرگ وجود دارد. برگهای ضمیمه عبارت از برگ‌های بسیار کوچک و ساده بوده که به صورت جفت در قاعده هر شاخه و یا در قاعده پایه گل تشکیل می‌شوند. این برگ‌ها فاقد دمبرگ و برجستگی در محل اتصال می‌باشد (رستگار، ۱۳۸۵).

### ۲-۲-۲- ساقه

ساقه اصلی سویا عمودی و از گره‌های پایین ساقه تعدادی شاخه کوچکتر منشعب می‌شود. تعداد شاخه‌های فرعی بستگی به رقم داشته و در ارقام مختلف متفاوت است. سویا از لحاظ رشدی دارای دو تیپ رشد محدود و رشد نامحدود می‌باشد. در تیپ رشد نامحدود با رسیدن به مرحله نمو زایشی و ظهور گلها رشد رویشی همچنان ادامه می‌یابد و بر ارتفاع بوته افزوده می‌گردد، در حالی که در تیپ رشد محدود فعالیت رویشی جوانه انتهایی با تشکیل گل‌آذین متوقف می‌گردد و پس از گلدهی بر ارتفاع بوته افزوده نمی‌گردد (لطیفی،۱۳۷۲).

### ۲-۲-۳- گل

گل‌های سویا کوچک، بطول ۶ تا ۷ میلی‌متر و به رنگ سفید یا بنفش کم‌رنگ می‌باشند. گلها روی گل‌آذین‌های کوچک که در بغل گل‌ها می‌رویند بوجود می‌آیند. هر گل‌آذین خوشه‌ای دارای ۳ تا ۳۵ گل می‌باشد که بستگی به رقم مورد کشت و عوامل محیطی مانند رطوبت و حرارت در موقع گل دادن دارد. هر گل مانند سایر گیاهان خانواده لگومینوز شامل ۵ کاسبرگ، ۵ گلبرگ و ۱۰ پرچم و یک مادگی کرکدار می‌باشد. گل‌های سویا خودبارورند و گرده افشانی ممکن است در داخل غنچه یا قبل از باز شدن کامل گل صورت گیرد. درصد دگرگشنی در سویا کمتر از نیم درصد گزارش شده که به فعالیت حشرات بستگی دارد. و عدم انجام لقاح اثر اندکی بر درصد ریزش گل دارد. گل‌ها پس از بارور

شدن تبدیل به غلاف و دانه می‌گردند. از تعداد زیادی گل که نبات تولید می‌کند مقداری می‌ریزد و تنها حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد گلها تولید نیام می‌کنند که به توان تولیدی گیاه در زمان گلدهی، رقابت قسمت‌های رویشی با زایشی و شرایط محیطی بستگی دارد. و حتی ممکن است در بهترین شرایط آب و هوایی تا ۷۵ درصد گلها ریزش نمایند (رستگار، ۱۳۸۵).

## ۲-۳- اکولوژی سویا

به خاطر نیازهای ویژه‌ای که سویا به آب و هوا، مدت تابش متوالی نور و زمین دارد کشت و کار آن باید در مناطق خاصی انجام شود تا با موفقیت همراه باشد ولی اصلاح نباتات، واریته‌های سازگاری را برای اکثر مناطق تهیه نموده که تا حد زیادی محدودیت کاهش یافته است.

سویا قادر است در طیف وسیعی از خاک‌ها به صورت رضایت بخشی رشد کند ولی در خاک‌های حاصلخیز با مواد آلی نتیجه بهتری می‌دهد. با توجه به گسترش زیاد ریشه سویا عمق خاک زراعی اهمیت زیادی دارد و خاک‌های عمیق را ترجیح می‌دهد. بافت‌های سبک و شنی مناسب سویا نیستند و خاک‌های شنی رسی که دارای هوموس و شن باشند بهترین زمین برای کشت سویا است. سویا گیاهی روز کوتاه است که بیش از هر محصول زراعی دیگر نسبت به طول روز حساسیت نشان می‌دهد و عکس العمل ارقام مختلف در این مورد بسیار متفاوت است (رستگار، ۱۳۸۵). به‌طور کلی سویا گیاهی است که در طول رشد خود احتیاج به بارندگی دارد ولی در زمان رسیدن بهتر است که هوا آفتابی باشد. سویا شرایط مرطوب آب و هوایی را دوست دارد و در این شرایط کمتر دچار آفت می‌شود. در واقع می‌توان گفت سویا گیاهی است خاص مناطق آب و هوایی گرم و روز کوتاه است (ناصری، ۱۳۷۵). فتوپریود، درجه حرارت آب و خاک از جمله عوامل اقلیمی هستند که در سازگاری سویا تاثیر بسزایی دارند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۵). امروزه سویا دارای ارقام زیادی است که تعداد آنها از ۸۰۰ رقم تجاوز می‌نماید ولی از این تعداد فقط اندکی (حدود ۱۰۰ رقم) قابلیت زراعت و تولید

محصول را در شرایط مختلف آب و هوایی دارند. ارقام سویا از لحاظ زودرسی و دیررسی در ۱۲ گروه طبقه بندی می‌شوند:

گروه‌های دو صفر (۰۰)، یک صفر (۰)، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰. ارقام گروه‌های دو صفر و یک صفر را در نواحی شمال آمریکا، کانادا و اروپا که طول روزهای بلندی دارند کاشته می‌شوند. ارقام گروه‌های ۸ به بالا در مناطق خط استوا که طول روز کوتاهی دارند، زراعت می‌گردند. بین رسیدن محصول و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت وجود دارد به شرحی که ارقام کم ارتفاع، زودرس و ارقام با ارتفاع زیاد، دیررس می‌باشند. در کشور ما ارقام گروه‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ با توجه به نواحی مختلف و شرایط آب و هوایی منطقه تطابق بیشتری را نشان می‌دهند (آلیاری، ۱۳۷۹).

## ۲-۴- اثرات منفی کودهای شیمیایی

افزایش جمعیت دنیا و لزوم تولید محصولات کشاورزی بیشتر در پنجاه سال اخیر، فشار بر زمین‌های کشاورزی از طریق کاربرد مقادیر بیشتر کودهای شیمیایی را در پی داشته است. مقدار کل کودهای شیمیایی مصرفی (براساس عنصر) در جهان در سال ۱۹۶۱ حدودا معادل ۱۰ میلیون تن بوده است. امروزه مصرف ازت ۸ برابر، فسفر سه برابر و پتاسیم دو برابر شده است (مرشدی، ۱۳۸۲). براساس گزارش سازمان کشاورزی و خواربار جهانی (FAO) بین ۶۰- ۴۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی سه دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است (بی نام، ۱۳۸۲). با اینکه کودهای شیمیایی در ۵۰ سال اخیر نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی داشته اند ولی امروزه به تدریج اثرات منفی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بروز پیدا کرده است. کاربرد کودهای شیمیایی به میزان زیاد، به ویژه کودهای نیتروژنه سبب ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود و همچنین منجر به گسترش بعضی از حشرات، کنه‌ها و عوامل بیماری‌زا می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۸۴). علاوه بر آن کاربرد کودهای نیتروژنه به میزان زیاد افزایش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی و دنیتریفیکاسیون و پیامدهای محیطی بسیاری به دنبال دارد از قبیل افزایش مقادیر

نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی، سرشارسازی منابع آب (تولید اولیه بیش از حد بوم نظام‌های آبی بر اثر افزایش موجودی عناصر غذایی گیاهی)، اسیدی شدن خاک‌ها و آب‌های سطحی (به دلیل ته نشست آمونیاک و اکسیدهای نیتروژن) و همچنین افزایش میزان گاز $N_2O$ در جو به عنوان یک گاز گلخانه‌ای که در گرم شدن جهان و شکسته شدن لایه استراتوسفری ازن سهیم می‌باشد (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین وارد شدن نیترات به آب‌های زیرزمینی و محیط زیست و بروز بیماری‌هایی مانند سرطان و یا انباشت فسفر در خاک‌ها و کادمیم همراه کود که وارد چرخه غذایی شده و مسمومیت‌هایی را باعث شده است، از دیگر اثرات منفی کودهای شیمیایی است ( بهلول و همکاران، ۱۹۹۲).

## ۲-۵- کودهای بیولوژیک

کود بیولوژیک عبارت از مواد نگهدارنده ای با انبوه یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آنها می باشد که به منظور تأمین عناصر غذایی گیاهان استفاده می شوند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴) نخستین کود بیولوژیک با نام نیتراژین در آمریکا حاوی باکتری های ریزوبیوم توسط ناب و هیلتنر در سال ۱۸۹۵ برای فروش عرضه شد (صالح راستین، ۱۳۸۰). رایج ترین این کود ها با استفاده از ارگانیسم های مربوط به گروه های زیر تهیه می‌شوند:

۱-باکتری های تثبیت کننده ازت

۲- قارچ های میکوریزا

۳- باکتری های محرک رشد (PGPR )

۴- میکروارگانیسم های حل کننده فسفات نامحلول

۵- میکروارگانیسم های تبدیل کننده مواد آلی زاید به کمپوست

۶-کرم های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست ( ملکوتی و غیبی،۱۳۸۳).

## ۲-۶- تثبیت زیستی نیتروژن

نیتروژن عنصر غذایی کلیدی برای گیاهان زراعی محسوب می گردد. خاک های زراعی مقادیر قابل ملاحظه ای از نیتروژن خود را سالانه در اثر آبشویی از دست می دهند که سبب می گردد تا میزان نیتروژن کل در دسترس برای رشد گیاهان زراعی به شدت کاهش یابد .

پدیده دی آزوتروفی یا توان تغذیه از نیتروژن مولکولی به عنوان تنها منبع نیتروژن، کار بسیار ارزشمند گروه خاصی از باکتری های خاکزی است که همه اکوسیستم های طبیعی دست نخورده، تعادل نیتروژنی خود را مرهون چنین موهبتی هستند. برآورد رقمی حدود ۱۷۵ میلیون تن در سال برای مقدار کل تثبیت بیولوژیک در سطح جهانی، نشانگر برتری فعالیت دی آزوتروف ها در مقایسه با توان تولیدی کارخانه های شیمیایی است (پیپل و کراسول، ۱۹۹۲ ). در این میان سیستم همزیستی لگوم - ریزوبیوم از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا حدود ۵۰ درصد کل تثبیت نیتروژن را در سطح برعهده دارد و ارزش اقتصادی این مقدار نیتروژن سالانه بالغ بر ۸۵ میلیارد تخمین زده شده است (پیرولی بیرانوند، ۱۳۷۸).

## ۲-۷-ریزوبیوم

نام ریزوبیوم در سال ۱۸۸۹ توسط فرانک پیشنهاد و در سال ۱۹۲۶ رسماً برای باکتری‌های همزیست بقولات که تثبیت کننده نیتروژن هستند، پذیرفته شد. باکتری ریزوبیوم از نوع گرم منفی ، هوازی و فاقد اسپور هستند که می توانند به لگوم ها وارد شده و بر روی ریشه و گاهی بر روی ساقه آنها تشکیل گره بدهند. در طبقه‌بندی اولیه، ریزوبیوم‌ها در یک جنس و پنج گونه به نام‌های *Rhizobium leguminosarum*، R. *phaseoli*، R. *japonicum*، R. *meliloti* و R. *trifoli* طبقه بندی شدند. که اخیراً با تغییرات در رده‌بندی این باکتری‌ها، پنج جنس مختلف به

نام‌های ریزوبیوم[۱]، مزو ریزوبیوم[۲]، سینوریزوبیوم[۳]، برادی ریزوبیوم[۴] و آزو ریزوبیوم [۵]پذیرفته شد. ریزوبیوم‌ها در دمای بین ۳۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد به طور مطلوبی رشد می‌کنند. رس یا مواد آلی زیاد ممکن است نقش حفاظت کننده‌ای علیه اثرات شدید دمای بالا داشته باشند. شرایط غرقاب و همچنین خیس بودن خاک برای بقای ریزوبیوم‌ها مضر است. بقای ریزوبیوم ها در خاک به شدت تحت تأثیر میکروب‌های آنتاگونیست قرار می‌گیرد. باکتری و قارچ‌های خاک می‌توانند نقش بازدارندگی یا تحریک کنندگی برای رشد ریزوبیوم‌ها در محیط کشت داشته باشند. باکتری های ریزوبیوم طی فرآیندی به داخل گیاه میزبان نفوذ کرده و در داخل سلول گیاه آلوده ، باکتری‌ها تا مدتی به تقسیم ادامه می دهند و به باکتروئید تمایز می یابند . این باکتری‌ها گاز نیتروژن موجود در حفره های خاک را به اسید های آمینه ای مانند اسپارژین، آلانین و متیونین که سازنده ساختار واحد های پروتئین هستند برای گیاه تبدیل می کند و باکتری در عوض از کربوهیدرات مازاد تولیدی توسط گیاه میزبان بهره برداری می نماید.

## ۲-۷-۱-فاکتورهای مؤثر بر گره‌زایی و همزیستی ریزوبیوم

صرف نظر از سیستم ژنتیکی گیاه میزبان و ریزوبیوم، عوامل متعدد خاکی، تغذیه‌ای و زیستی در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن طی رشد گیاه در شرایط مزرعه موثر است. عوامل خاکی مانند درجه حرارت، رطوبت و گازها، عوامل شیمیایی مانند شوری یا قلیائیت خاک، فشارهای تغذیه‌ای و عوامل زیستی مانند روابط متقابل رقابت آمیز و همکاری بین موجودات زنده خاک و طرفین همزیستی، بیشترین اهمیت را در افزایش کارایی همزیستی دارند. از عوامل تغذیه‌ای مؤثر بر گره‌زایی و همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم می‌توان به میزان نیتروژن و فسفر خاک اشاره کرد.

---

۱-Rhizobium
۲-Mezorhizobium
۳-Sinorhizobium
۴-Bradyrhizobium
۵-Azorhizobium

## ۲-۷-۲- اثر ریزوبیوم بر گیاهان

نتایج آزمایش های چابوت و همکاران (۱۹۹۳) حاکی از آن است که برادی ریزوبیوم علاوه بر تثبیت نیتروژن می تواند به عنوان باکتری محرک رشد گیاه نیز تلقی شود و قادر به انحلال فسفات آلی و معدنی باشد. ژانگ (۲۰۰۲) افزایش ارتفاع سویا را در تلقیح با باکتری برادی ریزوبیوم گزارش کرد. همچنین این باکتری ها با سنتز انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه رشد و کیفیت محصول را افزایش و از طریق فرآیندهای مختلف باعث ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاهان می‌شوند. این مقاومت باعث می‌شود گیاه، تنش‌های محیطی مانند عدم تهویه، آلودگی به عناصر سنگین، شوری، تنش‌های خشکی، آفات و بیماری‌ها را تحمل کند (احمد و همکاران، ۲۰۰۶).

از فعالیت‌های مفید دیگر ریزوبیوم‌ها می‌توان به توانایی انحلال فسفات‌های آلی و معدنی، اثرات مثبت بر مورفولوژی ریشه، بهبود رابطه همزیستی با میزبان و تحریک ایجاد همزیستی میکوریزایی اشاره کرد (ویسی، ۲۰۰۳). کاظمی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا، گزارش کردند که تلقیح سبب افزایش معنی دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و نهایتا عملکرد نهایی سویا گردید. ویرسما و اورف (۱۹۹۲) در تحقیق خود بر روی وضعیت گره بندی و رویش سویای زودرس بر اثر تلقیح با گونه های ریزوبیوم ژاپونیکوم به این نتیجه رسیدند که افزایش معنی داری در واکنش به تلقیح برای عملکرد دانه، وزن دانه و تجمع ازت صورت می‌گیرد .

تحقیق و بررسی در مورد باکتری‌های همزیست با سویا زمینه مساعدی را برای دستیابی به افزایش محصول دانه ایجاد می‌نماید. پژوهش سیوارمیه و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد تلقیح نخود با باکتری ریزوبیوم سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد گیاه می‌شود. تکروراسل (۱۹۹۹) در آزمایشی اهمیت تثبیت نیتروژن اتمسفری را از طریق همزیستی باکتری و لگوم با توجه به بخش‌های هوایی و زمینی لگوم‌ها بر رشد و بهبود عملکرد خود لگوم و همچنین گیاه بعد از لگوم در کشت‌های گردشی نشان داد. همچنین در خاک‌های با جمعیت کم باکتری (کمتر از

۱۰باکتری در گرم خاک) تلقیح سبب افزایش حدود ۸۰ درصد محصول سویا شده است . نتایج بررسی‌ها در سودان نشان داد که تلقیح باقلا با ریزوبیوم، عملکرد و وزن صد دانه باقلا را به‌طور قابل توجهی افزایش داده است (ال زیدانی و ال شیخ، ۱۹۹۷).

## ۲-۸- قارچ میکوریزا

میکوریزا به نوعی رابطه همزیستی بین برخی قارچ‌های خاکزی با ریشه گیاهان اشاره دارد و به عنوان یک کود زیستی، برای افزایش محصولات کشاورزی دارای اهمیت است (میشرا، ۲۰۰۷). علم دیرین شناسی با بررسی آثار فسیلی به جا مانده از میلیون‌ها سال قبل نشان داده است که همزیستی گیاهان با این قارچ‌ها قدمتی بس طولانی دارد. در فسیل‌های آهکی کشف شده مربوط به یک نهان‌زاد آوندی به نام راینیا که قدمت آن به بیش از ۴۰۰ میلیون سال قبل می‌رسد اندام‌های قارچی شناسایی شده که به آنچه امروزه تحت عنوان قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربوسکولار می‌شناسیم شباهت بسیار زیادی نشان می‌دهد. همزیستی میکوریزی یکی از شناخته شده‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین و مهم‌ترین رابطه همزیستی موجود در کره زمین است ( آلن، ۱۹۹۲). این همزیستی بین اغلب گیاهان آوندی (بیش از ۸۵ درصد) با قارچ‌های میکوریزا صورت می‌گیرد و نتیجه حاصل از این همزیستی، فعالیت قارچ در جهت جذب و انتقال عناصر غذایی به گیاه میزبان از یک طرف و از طرف دیگر دریافت ترکیبات کربنه حاصل از فتوسنتز گیاه میزبان توسط قارچ همزیست می‌باشد (هارلی و اسمیت، ۱۹۸۳).

### ۲-۸-۱- طبقه بندی قارچ‌های میکوریزا و چگونگی برقراری همزیستی

براساس نوع رابطه‌ی قارچ با گیاه ونیز چگونگی ارتباط بین میسیلیوم قارچ و سلول ریشه، میکوریزا به دو گروه میکوریزای خارجی یا اکتومیکوریزا[۱]، میکوریزای داخلی یا اندومیکوریزا [۲] تقسیم می‌شود.

---

[۱]۱-Ectomycorhiza
۲-Endomycorhiza

اکتومیکوریزا: ویژگی مشخصه‌ی اکتومیکوریزا حضور هیف در بین سلول‌های پوست ریشه و ایجاد ساختاری شبکه مانند به نام شبکه‌ی هارتینگ است.

اندومیکوریزا: به تمام انواع میکوریزاهایی که در آن‌ها قارچ در داخل سلول‌های پوست ریشه‌ی گیاه نفوذ می‌کنند، اندومیکوریزا گفته می‌شود. یکی از مهمترین انواع اندومیکوریزاها، میکوریزای آربوسکولار (AM) می‌باشد که از نظر کشاورزی اهمیت فوق العاده زیادی دارد (شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

قارچ‌های اندو میکوریزا  از فضای بین سلولی و یا از درون سلول‌های اپیدرمی به داخل ریشه راه می‌یابند و در بین سلول‌های پوست ریشه و همین طور در درون آن‌ها توسعه پیدا می‌کنند و اندام‌های اختصاصی به نام آربوسکول[۱] و وزیکول[۲] را در داخل ریشه بوجود می‌آورند. آربوسکول از انشعابات مکرر انتهای هیف در داخل سلول به وجود می‌آید و محل تبادل متابولیت‌ها بین سلول گیاهی و قارچ می‌باشد. وزیکول نیز از تورم انتهای هیف در بین و یا در درون سلول‌های پوست ریشه تشکیل می‌شود و نقش اندام ذخیره‌ای را به عهده دارد (هایمن، ۱۹۸۳).

## ۲-۸-۲- گسترش و کلونی‌زایی میکوریزا

کلونی‌زایی در سیستم ریشه‌ای گیاه می‌تواند با اسپور قارچ، مسیلیوم‌های خارجی و ریشه‌های از قبل کلونی شده صورت گیرد که به مخلوط این‌ها، پروپاگول می‌گویند. اگر اسپورها به عنوان منبع کلونی‌زایی به کار روند رشد سریع‌تری را نسبت به حالتی که یک ریشه ساده رشد می‌کند ایجاد می‌کنند، زیرا اسپورها می‌توانند یک یا چندین ریشه رویشی تولید کنند. با حضور قارچ، گیاه با ترشحاتی از قبیل هورمون‌های رشد مثل سیتوکینین و ایندول است یک اسید باعث تحریک قارچ و جلب آن به طرف خود می‌شود. ریسه اصلی با قطری حدود ۲۰ تا ۳۰ میکرومتر می‌تواند بخش‌های

---

۱- Arbusculr
۲-Vesicle

بادبزنی شکلی از انشعابات جانبی تولید نماید که قطری حدود ۲ تا ۷ میکرومتر دارند و توسط دیواره عرضی از ریشه اصلی جدا می‌گردند. کلونی‌زایی ریشه عموماً توسط این قسمت‌های بادبزنی شکل صورت می‌گیرد و در هر کلونی واحدی از انشعاب به داخل سلول‌های پوست وارد می‌شوند و می‌توانند انشعابات دو شاخه‌ای آربوسکول را تولید کنند. پس از یک دوره زمانی، آربوسکول‌ها و یا مارپیچ‌های ریسه‌ای تخریب می‌گردند و بخش‌های توده‌ای مانند را تشکیل می‌دهند (یادگاری و برزگر، ۱۳۸۶).

### ۲-۸-۲-۱- مراحل گسترش کلونی‌زایی قارچ‌های VAM

### ۲-۸-۲-۱-۱-پیش کلونی‌زایی[۱]

جوانه زدن اسپورها و رشد اولیه ریسه در خاک تحت تأثیر شرایط فیزیکی خاک (رطوبت، حرارت، $C_{O2}$) و شرایط شیمیایی خاک ($pH$)، غلظت عناصر غذایی و غیره قرار دارد. در طی گسترش شبکه ریسه‌ای هیچ تقسیم سلولی انجام نگرفته و هسته‌ها در ساختمان‌های تازه تشکیل شده پخش می‌شوند.

### ۲-۸-۲-۱-۲- کلونی‌زایی ثانویه[۲]

به طور طبیعی ریسه به حد فاصل سلول‌های اپیدرمی نفوذ می‌کند و یک کلاف ریسه‌ای را در لایه‌های اول سلولی تشکیل می‌دهد.

### ۲-۸-۲-۱-۳- تشکیل آربسکول- وزیکول

بعد از نفوذ شبکه ریسه‌ای به درون ریشه، رشد درونی سلولی و بین سلولی ریسه آغاز می‌گردد. آربسکول در درون سلول‌های پوست ریشه تشکیل می‌شود. این فرآیند معمولاً ۲ تا ۵ روز بعد از نفوذ در شبکه ریسه‌ای آغاز می‌شود. وزیکول همزمان با تشکیل آربوسکول یا کمی بعد از آن تشکیل

---

۱-Secondary colonization

۲ -precolonization

می‌گردد که در واقع برآمدگی اضافه ریسه‌ها هستند که حاوی چربی هستند (یادگاری و برزگر، ۱۳۸۶).

## ۲-۸-۳- تاثیرات عمومی میکوریزای آربسکولار

### ۲-۸-۳-۱- رشدگیاه

قارچ های میکوریز آربسکولار به داشتن تاثیر مثبت بر رشد گیاه میزبان خود (موس، ۱۹۷۳) و به‌طور مشهودتر در خاک های با سطح عناصر غذایی پایین، معروف می‌باشند. این تاثیر به دلیل جذب بیشتر عناصر غذایی، بهبود روابط آبی گیاه میزبان و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها است. این اثرات مفید غالبا به شرایط محیطی بستگی دارد و در مواقعی که میزان عناصر غذایی و آب کافی در اختیار گیاه قرار گیرد و بیمارگر گیاهی وجود نداشته باشد ممکن است گاهی اوقات همزیستی میکوریز آربسکولار بیشتر از فواید آن باشد که در این صورت ممکن است عملا قارچ میکوریز آربسکولار باعث کاهش رشد گیاه شود (فیتر،۱۹۹۱؛ جانسن، ۱۹۹۷).

### ۲-۸-۳-۲- جذب عناصر غذایی

به لحاظ تاثیر، بخش برون ریشه‌ای میکوریزها به عنوان یک سیستم ریشه‌ای اضافه برای جذب عناصر غذایی و بویژه عناصر نسبتا کم تحرک در محلول خاک مثل فسفر، روی و مس عمل می‌نماید. ناحیه جذب فسفر از خاک برای ریشه گیاهان غیر میکوریزی در واقع دقیقا محدود به ناحیه‌ای به طول یک تار کشنده است که در بسیاری موارد حدود ۱ الی ۲ میلی‌متر می‌باشد (جانق وکلاسن، ۱۹۸۶). لیکن هیف‌های قارچ‌های میکوریز آربسکولار میتوانند تا بیش از ۱۴ سانتی‌متر از ریشه فراتر روند (مظفر و همکاران، ۲۰۰۱) و بدین صورت به نحو موثری حجم بیشتری از یک خاک را برای جذب عناصر غذایی در اختیار گیرند.

از دیگر اثرات قارچ‌های میکوریزا می‌توان به افزایش مقاومت به خشکی، افزایش مقاومت به شوری، افزایش مقاومت به عوامل بیماری زای ریشه، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های ناشی از تراکم و اصلاح ساختمان خاک، افزایش فعالیت تثبیت ازت توسط انواع دی آزوتروفهای همزیست و همیار با گیاهان، تشدید فعالیت میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی اشاره کرد (خاوازانی و ملکوتی، ۱۳۸۰).

## ۲-۴-۸- تأثیر همزیستی میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه

استقرار میکوریزا در ریشه باعث تغییر فیزیولوژی گیاه می‌شود مانند تغییر در ترکیب عناصر در بافت‌های گیاهی، تعادل هورمونی و الگوی تخصیص منابع کربن، همچنین قارچ ترکیب ترشحات ریشه را تغییر می‌دهد و گسترش میسیلیوم‌ها در خاک به عنوان منبعی از کربن برای جوامع میکروبی خاک عمل می‌کند و باعث تغییر فیزیکی محیط خاک می‌شود. همچنین کلونیزاسیون میکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه بویژه افزایش شاخه‌دهی ریشه می‌شود (برتا و همکاران ۲۰۰۲). پژوهش‌ها نشان می‌دهد نقش اصلی قارچ‌های میکوریزایی تأمین فسفر برای رشد گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت به اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک درمی‌آید (تارک و همکاران، ۲۰۰۶). نشان داده شده است که همزیستی میکوریزایی از طریق بهبود گسترش هیف‌های قارچ در منافذ خاک، به طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی گیاه رازیانه شد و متعاقب آن با افزایش وزن خشک گیاه سبب بهبود غلظت فسفر در دانه رازیانه گردید (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴) . شوری باعث کاهش فسفر در گیاه می‌شود. لذا قارچهای میکوریزا میتوانند با افزایش جذب فسفر توسط گیاه از اثرات منفی شوری بکاهند (اوجالا و همکاران،۱۹۸۳). قارچ‌های میکوریزا با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه باعث بهبود استقرار گیاه، افزایش جذب آب و عناصر غذایی مخصوصا فسفر، روی، مس و

نیتروژن و مقاومت گیاه در برابرتنش‌های زنده و غیر زنده می‌شوند. افزایش رشد گیاه و جذب مواد غذایی در نتیجه تلقیح میکوریزا، نشان دهنده یک رابطه مثبت قوی بین کلونیزاسیون ریشه، جذب مواد غذایی و بهبود رشد می‌باشد. همچنین حضور میکوریزا گره بندی در بقولات را افزایش می‌دهد. سوبرامانیان و همکاران (۲۰۰۵) اثر قارچ میکوریزا را بر تولید میوه ،گل و همچنین کیفیت میوه گیاه گوجه فرنگی در شرایط تنش خشکی بررسی کردند، براین اساس قارچ میکوریزا باعث افزایش معنی دار در تعداد گل و میوه شده بود و میوه ها از کیفیت بالاتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزی برخوردار بودند و وزن خشک اندام هوایی ،جذب فسفر و پتاسیم در ساقه و ریشه گیاهان میکوریزی به طور قابل توجهی افزایش یافته بود. رجالی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گندم توسط میکوریزا از طریق جذب بهتر آب و مواد معدنی باعث افزایش رشد گیاه و افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه گردید. همچنین در تحقیقی دیگر در گیاه نخود نشان داد که با تلقیح میکوریزا جذب فسفر، تعداد گره ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فعالیت نیتروژناز افزایش یافت . آلن و آلن (۱۹۸۶)، افزایش غلظت سیتوکینین را در برگ‌ها و ریشه‌های گراس‌هایی که همزیستی میکوریزایی داشتند، گزارش کردند. آنها اظهار داشتند که افزایش سیتوکینین در گیاهان میکوریزایی شده، فتوسنتز، تعرق، جذب فسفر و انتقال آهن را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

## ۲-۵-۸-اثرات متقابل میکوریزا و ریزوبیوم

گزارشات متعددی حاکی از اثرات مثبت تلقیح دوگانه سویه‌های ریزوبیوم و قارچ میکوریزا در رشد حبوبات یافت شده است. تحقیقات نشان می‌دهد همزیستی سه گانه بین گیاه میزبان، قارچ میکوریزا و ریزوبیوم موجب ترقی فعالیت نیتروژناز و افزایش عملکرد بقولات گردیده است. نوین و همکاران (۲۰۰۸) نیز اعلام کردند تلقیح دوگانه میکوریزا و ریزوبیوم باعث افزایش عملکرد دانه در باقلا می‌شود. استانچوا و همکاران ( ۲۰۰۶) نیز اعلام کردند تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم سبب افزایش میزان فسفر در

بافت‌های گیاهی می‌شود و عملکرد تحت تاثیر این دو عامل قرار می‌گیرد. گارگ و چندل (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند در گیاه نخود با تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم جذب فسفر، تعداد گره ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فعالیت نیتروژناز افزایش یافت. جکوبسن (۱۹۸۷) نیز با بررسی گیاه نخود بیان کرد شاخص برداشت در نخود در صورت وجود ریزوبیوم و میکوریزا افزایش پیدا کرده بود که این ناشی از جذب فسفر و نیتروژن و افزایش فتوسنتز در گیاه بود.

قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم قبل از اینکه هر یک از آن ها با گیاه میزبان ارتباط همزیستی ایجاد کند، در محیط رایزوسفری گیاه میزبان خود بطور مستقیم بر روی هم تاثیر می گذارند ، هرچند تاکنون تحقیقی برای اثبات این موضوع انجام نشده است. عموما ایجاد کلونی در ریشه ها توسط قارچ های میکوریزا شرایط را برای گره‌زایی ریزوبیوم مساعد می‌کند و تعداد گره‌ها را در گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش می دهد و این موضوع در بسیاری از بررسی ها بیان شده است.

اگرچه در یک بررسی ملاحظه شد که احتمالا شکل‌گیری اولیه قارچ‌های میکوریزا به دلیل ایجاد رقابت از گره‌زایی جلوگیری کرد. همچنین در تحقیقی نشان داده شد که میکوریزا در متابولیسم نیتروژن گره‌ها تأثیر مثبتی دارد بطوریکه بیشترین مقدار گاما آمینوبوتریک اسید (GABA) و گلوتامات در همزیستی دوگانه میکوریزا و ریزوبیوم مشاهده شد. این میزان بالای ترکیبات نیتروژن تأیید کننده این فرضیه است که میکوریزا میزان فسفر در دسترس ریزوبیوم را افزایش می‌دهد همچنین نفوذ GABA به آوند چوبی موجب افزایش تثبیت نیتروژن گره‌های یونجه می‌شود. آنها نتیجه گرفتند که بدون این آمینواسید فعالیت گره‌ها ممکن است دچار مشکل شود. GABA به طور غیر مستقیم در نتیجه پاسخ به برهم کنش بین گیاهان و میکروارگانیسم ها در گیاه تولید می شود. بیشترین میزان GABA در گره های سویا در پاسخ به کاربرد توأم میکوریزا و ریزوبیوم مشاهده شد. گیاهان آلوده به میکوریزا مقادیر بیشتری از عناصر ریز مغذی را از خاک جذب می‌کنند که این عناصر نقش مهمی در بهبود فرآیند تثبیت ازت بازی می‌کنند (سلیمان و اسکولز، ۲۰۱۰).

هنگامی که گیاهان همزیستی میکوریزایی تشکیل می‌دهند، تغییرات فیزیولوژیکی بسیاری اتفاق می‌افتد که بر تشکیل و رفتار گره‌های ریزوبیوم موثر هستند. این مطلب عموماً پذیرفته شده است که افزایش مقدار فسفردر داخل بافت های گیاهان آلوده به میکوریزا، کمیت و کیفیت ترشحات ریشه‌ای را تغییر می‌دهد که این عامل سبب ایجاد تغییرات کیفی در جمعیت میکروبی رایزوسفر می‌گردد. این تغییرات بر رقابت بین ریزوبیوم و سایر باکتری‌های محیط ریشه تأثیر می‌گذارد. اگر باکتری‌هایی که به طور انتخابی به محیط ریشه اضافه شده اند، سبب افزایش قدرت رقابت ریزوبیوم گردند آنگاه شرایط گره‌زایی مساعد خواهد شد.

هیف‌های خارج سلولی قارچ های میکوریزا کارایی گیاه را در جذب آب و مواد غذایی از خاک افزایش می‌دهند. شبکه هیف، پلی را در فاصله منطقه تخلیه عناصر غذایی که در مجاورت سطح ریشه ها تشکیل می‌شود، ایجاد می‌کند. پاکوسکی و همکاران (۱۹۸۶)، بیان کردند که برای گیاهان سویای آلوده و غیر آلوده به میکوریزا که مقدار مساوی کود شیمیایی دریافت کرده بودند، مرحله رشدی، وضعیت فسفر، غلظت عناصر مس و روی که عناصر اصلی برای تثبیت ازت هستند در بوته های آلوده به میکوریزا همواره بالاتر بود در حالی که غلظت آهن و منگنز پایین تر بود. آمس و همکاران (۱۹۸۳)، از تکنیک $N^{15}$ استفاده کردند ، آن‌ها نشان دادند که منبع ازتی $NH_4$ و $NO_3$ می‌تواند به راحتی توسط هیف‌های خارج سلولی قارچ‌های میکوریزا جذب شود. همچنین بهبود رشد گیاهان بقولات از طریق قارچ‌های میکوریزا به افزایش تثبیت ازت و بهبود جذب آن از خاک، خصوصا به فرم $NH_4$ نسبت داده شده است. آنها نشان دادند که قارچ های میکوریزا از طریق تولید گلوتامین سنتتاز قادرند $NH_4$ را سنتز کنند. این قابلیت می‌تواند در جذب ازت از خاک و انتقال در داخل گیاه اهمیت داشته باشد . آمونیومی که از گره ها آزاد می‌شود بعداً میتواند توسط هیف‌های میکوریزا جذب شده و به این جهت اقتصاد ازت را در گیاه بهبود بخشد. بارآ و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند علت اصلی برهم‌کنش‌های مثبت بین میکوریزا و ریزوبیوم‌ها، فراهمی فسفر توسط قارچ AM در پاسخ به نیاز بالای فسفر در تشکیل گره می‌باشد. با این حال افزایش جذب سایر عناصر غذایی به جزء فسفر، مانند روی، مس،

مولیبدن، کلسیم و غیره توسط قارچ می‌تواند هم روی آلوده سازی و هم کارآیی همزیستی ریزوبیوم تأثیر بگذارد. در مقابل نیتروژن حاصل از فرآیند تثبیت زیستی توسط ریزوبیوم، می‌تواند وضعیت فیزیولوژیکی گیاه را حفظ کند که به نوبه‌ی خود برای فعالیت قارچ میکوریزا حائز اهمیت است (بارآ و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر آن تحقیقات نشان می‌دهد تلقیح هر دو میکروارگانیسم به گیاه، ظرفیت گیاهان را در استفاده از نور، آب، مواد مغذی و $C_{O2}$ افزایش می‌دهد و مواد متابولیک زیادی تولید می-شود که به راحتی از منبع (Source) به مخزن (Sink) جابه‌جا می‌شوند، و در نهایت در غلاف و دانه‌ها انباشته می‌گردند (باجیآراج و همکاران، ۱۹۷۹).

به طور کلی وجود رابطه همکاری بین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و قارچ‌های میکوریزا سبب می‌شود که بقولات کلونی‌شده با میکوریزا نیتروژن بیشتر و تعداد گره بیشتر و بزرگتر داشته باشند. گیاهان میکوریزایی فتوسنتز بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی انجام می‌دهند و در نتیجه مواد قندی بیشتری سنتز و به گره‌ها و گیاه می‌رسد (یادگاری و برزگر، ۱۳۸۶). بعلاوه درصد فسفر در گره‌های گیاهان میکوریزایی معمولا بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است، این عوامل در افزایش اندازه گره ها و افزایش انرژی برای تثبیت ازت دخالت دارند.

## ۲-۹- پتاسیم

تأمین عناصر غذایی برای گیاهان به مقدار بهینه از جمله عوامل مهم در افزایش عملکرد کمی و کیفی محسوب می‌شود. بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که در ۶۰ درصد خاک های زراعی محدودیت رشد به دلیل کمبود عناصر غذایی معدنی می باشد (کک مک ۲۰۰۲ ). یکی از این عناصر غذایی پتاسیم می باشد که برای دستیابی به حداکثر رشد و عملکرد مطلوب باید به مقدار کافی مهیا باشد. پتاسیم از نظر فراوانی هفتمین عنصر و از نظر تغذیه چهارمین عنصر معدنی در لیتوسفر است (القوی، ۱۹۹۳ ). با وجود اینکه مقدار پتاسیم کل بیشتر خاک‌ها زیاد است ولی بخش کوچکی از این مقدار برای گیاه قابل جذب می‌باشد (ونکس کال، ۱۹۷۸). از کل مقدار پتاسیم خاک حدود ۹۸ درصد در

ساختمان کانی‌های خاک و دو درصد باقی مانده به صورت فرم‌های تبادلی و محلول وجود دارد که قابل استفاده گیاه می باشد (نلسون، ۱۹۹۰). مقدار پتاسیم خاک تابعی از مواد مادری، درجه هوازدگی، میزان کود پتاسیم ، میزان جذب توسط گیاه و تلفات ناشی از فرسایش و آبشویی می باشد.

پتاسیم تقریبا در تمام فرآیندهای متابولیسمی گیاه نقش دارد. پتاسیم در انتقال قندها، مواد فتوسنتزی، آب و مواد غذایی، افزایش محتوای پروتئین در گیاه، بیوسنتز سلولز، افزایش رشد ریشه و مقاومت به خشکی، سنتز نشاسته، نگهداری فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش پژمردگی، مقاومت به بیماری ها و افزایش عمر انباری محصول دخالت دارد (شوارتزکف، ۱۹۷۲). به موازات تأمین عناصر غذایی از طریق مصرف کود برای محصولات زراعی پرتوقع مقدار پتاسیم بومی خاک تکافوی نیاز فیزیولوژیک بهینه گیاه را ننموده و مصرف کود پتاسه را ایجاب می‌نماید. این نقش پتاسیم و مصرف آن از طریق کود در بسیاری از گیاهان زراعی توسط محققین بی شماری مورد تأیید قرار گرفته است. در سال ۱۹۹۵ متخصصان زراعی مصر عنوان کردند که در شرایط تنش آبی و محدود بودن آب مصرفی در شرایط گلخانه توانسته اند به ازای افزودن ۱۵۰ میلی گرم کود پتاسیم در هر کیلوگرم خاک افزایشی معادل ۴۹ درصد در تولید محصول سورگوم بدست آوردند (ال کاردی، ۱۹۹۹). باجوآ (۱۹۹۳) در رابطه با نقش پتاسیم در تولید، ضمن انجام آزمایشی در لاهور پاکستان اثرات دو منبع پتاسیم (سولفات و کلرید) بر دو محصول ذرت و پنبه را مطالعه نموده و نشان داد که هر دو کود اثرات مثبتی بر افزایش عملکرد داشتند، اماسولفات پتاسیم به دلیل داشتن آنیون سولفات نسبت به کلرید پتاسیم اثر بیشتری بر عملکرد داشت.

ال دسوکی و همکاران (۲۰۰۶) واکنش پیاز را به کاربرد مقادیر مختلف پتاسیم بررسی و مشاهده کردند که رشد رویشی، وزن تر و خشک، تعداد برگ و عملکرد کل پیاز به صورت معنی داری با کاربرد سولفات پتاسیم افزایش می یابد. تحقیقات نشان می‌دهد که پتاسیم در برنج باعث افزایش اندازه وزن دانه، بهبود پنجه زنی، افزایش پاسخ به سایر مواد غذایی مخصوصا ازت و فسفر، قوی شدن ساقه ها و کاهش تمایل به خوابیدگی و افزایش مقاومت به امراضی از قبیل بلاست، بیماری لکه برگی و بیماری

پوسیدگی ساقه می گردد (دی دیتا و میکلسون ۱۹۸۵). نتایج آزمایش‌های پررنود (۱۹۹۳) و مارتین-پرول (۱۹۸۹) نشان داد که تغذیه سیب زمینی بوسیله پتاسیم سبب افزایش عملکرد، اندازه غده، وزن مخصوص، کاهش ازت غده، کاهش بیماری بلایت ویروس و بهبود مقاومت در برابر سرمازدگی و خشکی می‌گردد. شینده و همکاران (۱۹۹۳) در آزمایش های مزرعه‌ای دریافتند که مصرف کودهای پتاسیمی در آفتابگردان عملکرد دانه و روغن را افزایش داد. همچنین پیسلی و همکاران (۱۹۸۵) با کاربرد سطوح مختلف کود پتاسیم بر سه رقم سویا نتیجه گرفتند که بالاترین غلظت پتاسیم بکار رفته بطور معنی‌داری سبب افزایش سطح برگ در مرحله گلدهی می‌گردد و عملکرد را به میزان ۲/۵ درصد افزایش می‌دهد. البته این اثرات مستلزم کاربرد در آب کافی در مراحل گلدهی بود.

# فصل سوم

# مواد و روش‌ها

## ۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش

این آزمایش درسال زراعی ۱۳۹۲- ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در منطقه بسطام به اجرا درآمد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹ متر است.

## ۳-۲-ویژگی‌های آب و هوایی

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی منطقه بسطام (هشت کیلومتری شمال شرق شاهرود) دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰ – ۱۵۰ میلی متر است و بارندگی‌ها عمدتا در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی گراد است.

## ۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت بود. هر کرت آزمایشی از ۴ ردیف ۶ متری به فواصل ۵۰ سانتی متر از یکدیگر تشکیل گردید و فاصله بذور روی ردیف ها ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایش شامل تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم در دو سطح شاهد ( $P_1$) و مصرف باکتری ($P_2$ )، قارچ میکوریزا آربوسکولار در دو سطح شاهد ($M_1$) و مصرف میکوریزا ($M_2$) و کود پتاسیم درسه سطح $K_1$, $K_2$, $K_3$ به ترتیب ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند.

## ۳-۴- عملیات اجرایی

به منظور آماده سازی، زمین در بهار یک شخم عمیق زده شد. پس از آن دو بار دیسک عمود بر هم زده، سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و پس از تعیین کرت‌ها، جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری تیمارها با یکدیگر، بین هر دو تیمار یک خط نکاشت در نظر گرفته شد و محل تیمارهای مورد نظر به صورت تصادفی مشخص شد. همچنین جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شدند که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود. کاشت با روش دستی انجام گرفت. بذر در یک طرف پشته با فاصله ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۴-۳ سانتی‌متر کشت شد.

## ۳-۵- مصرف باکتری

مایه تلقیح باکتری، *Rhizobium leguminosarum* بود. استفاده از مایه تلقیح باکتری بدین صورت انجام گرفت که قبل از کاشت، متناسب با سطح کاشت مقدار مشخصی از بذور با محلول ۱۰٪ آب شکر آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از هر مایه تلقیح (با جمعیت تقریبی $۱۰^۸$ باکتری در هر میلی متر) به بذر افزوده شد و به طور کامل مخلوط گردید. و بعداز خشکیدن نسبی مواد تلقیحی سطح بذور در سایه، بذرها سریعاً کشت شدند.

## ۳-۶- مصرف قارچ

مایه تلقیح قارچ به نام *Glomus intraradices* از شرکت زیست فناور توران شاهرود تهیه گردید. این مایه تلقیح شامل خاک، بقایای ریشه‌ای و اندام‌های قارچی بود. استفاده از مایه تلقیح بدین صورت انجام شد که قبل از کاشت در کرت‌های مربوط به تیمار قارچی مقداری مایه تلقیح (در هر خط کاشت

۳۰۰ گرم ) درون حفره‌هایی که برای کاشت بذر ایجاد شده بودند، ریخته شد. سپس روی این مایه تلقیح مقداری خاک اضافه و ۲-۳ بذر روی آن قرار داده شد و سرانجام بذرها با خاک پوشانده شدند.

## ۳-۷- مصرف کود پتاسیم

منبع کود پتاسیم از کود سولفات پتاسیم در سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و در زمان کاشت مصرف گردید. کود پتاسیم طبق مقادیر معین برای هر تیمار در کرت‌های مورد نظر استفاده شد

## ۳-۸- عملیات داشت

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور انجام شد به صورتی که پشته ها کاملا خیس شدند. و بعد از آن آبیاری در طول فصل رشد هر ۷ روز یکبار انجام گرفت. بعد از جوانه زنی و ظهور گیاه، در نقاطی که سبز شدن بذور با مشکل مواجه شده بود اقدام به واکاری شد. به منظور حصول تراکم مناسب مزرعه، پس از استقرار کامل بوته ها در مرحله ۶-۴ برگی با حفظ یک بوته سالم و قوی عملیات تنک انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز روی خطوط کاشت و بین ردیف ها در ۳ مرحله وجین بوسیله کارگر انجام گرفت.

## ۳-۹- نمونه برداری

با توجه به زمان کاشت، نمونه برداری اول در تاریخ ۱۳۹۱/۴/۷ صورت پذیرفت و نمونه گیری های بعد با فواصل ۱۵ روز تا برداشت نهایی ادامه داشت. درهر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۲ بوته با احتساب نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و دو ردیف کاشت از حاشیه‌ها، به طور تصادفی انتخاب شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته‌ها به اجزای آن تفکیک و با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. وزن خشک بوته‌ها و اندام‌های آن پس از خشک شدن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تا مرحله رسیدن به وزن ثابت، توزین و ثبت شد.

### ۳-۹-۱- نمونه برداری عملکرد

جهت محاسبه عملکرد نهایی و اجزای عملکرد در هر کرت، در آخر فصل رشد پس از رسیدگی فیزیولوژیک دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و از سطح باقیمانده یک مترمربع به طور تصادفی انتخاب و عملکرد نهایی محاسبه گردید. در آخرین نمونه برداری برخی صفات مانند تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک نیز اندازه گیری شد. همچنین درصد پروتئین با روش کجدال، درصد روغن دانه ها با روش سوکسوله و درصد کلونیزاسیون ریشه نیز اندازه گیری شد.

### ۳-۱۰- تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه

برای تعیین درصد همزیستی میکوریزایی ریشه‌ها، قسمتی از ریشه تازه گیاه به صورت تصادفی نمونه‌برداری (حدود ۰/۵ گرم) شد. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییریافته فیلیپس و هایمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها با آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شدند و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت ۲ دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند. ریشه‌ها را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هایی از اسید لاکتیک، گلیسیرین، تریپان بلو و آب مقطر) به مدت ۲۴- ۱۲ ساعت قرار داده شد. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول ۱:۱ گلیسیرین و اسید لاکتیک نگهداری شدند. برای مشاهده و بررسی درصد آلودگی، از روش خطوط متقاطع (Grindline Intersect Method) استفاده شد (جیبوواتی و موس، ۱۹۸۰).

## ۳-۱۱- برآورد شاخص‌های رشد

### ۳-۱۱-۱- شاخص سطح برگ (LAI[۱])

شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. از آنجا که تشعشع خورشیدی به طور یکنواختی روی سطح زمین پخش می‌شود لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آن‌ها قابل دسترس باشد.

$$LAI = (LA_2+LA_1) / 2(GA)$$

GA : مساحت زمین

LA : سطح برگ

### ۳-۱۱-۲- سرعت رشد گیاه (CGR[۲])

با معناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی سرعت رشد گیاه است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح خاک می‌باشد.

$$CGR = (W_2-W_1) / (T_2- T_1)$$

$W_2$ و $W_1$ : به ترتیب وزن خشک (گرم در مترمربع) در نمونه برداری اول و دوم

$T_2$و$T_1$: فاصله زمانی بین دو نمونه برداری

۱- Leaf Area Index
۲ -Crop Growth Rate

## ۳-۱۱-۳- سرعت رشد نسبی(RGR[۱])

سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی مشخص است.

$$RGR=(\ln w_2-\ln w_1)/(T_2-T_1)$$

## ۳-۱۲- تجزیه آماری داده ها

در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTATC استفاده شد. برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL ترسیم شدند.

۲- Relative Crop Growth Rate

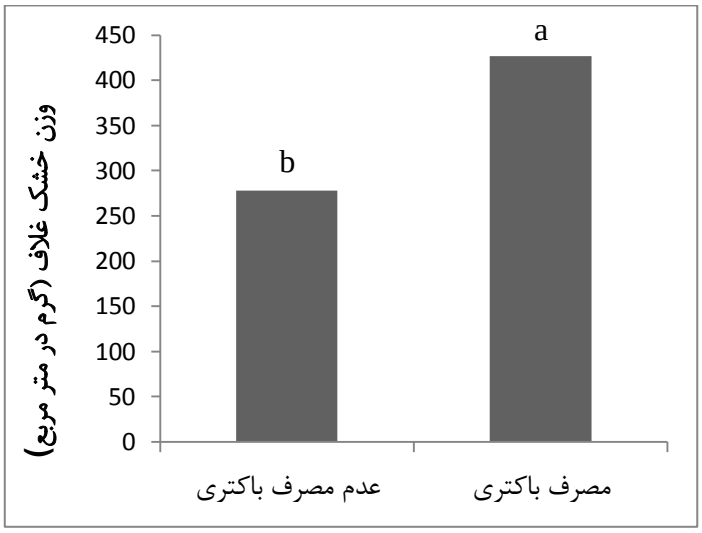
# فصل چهارم

# نتایج و بحث

## نتایج حاصل ازتجزیه واریانس

### ۴-۱ وزن خشک غلاف در متر مربع

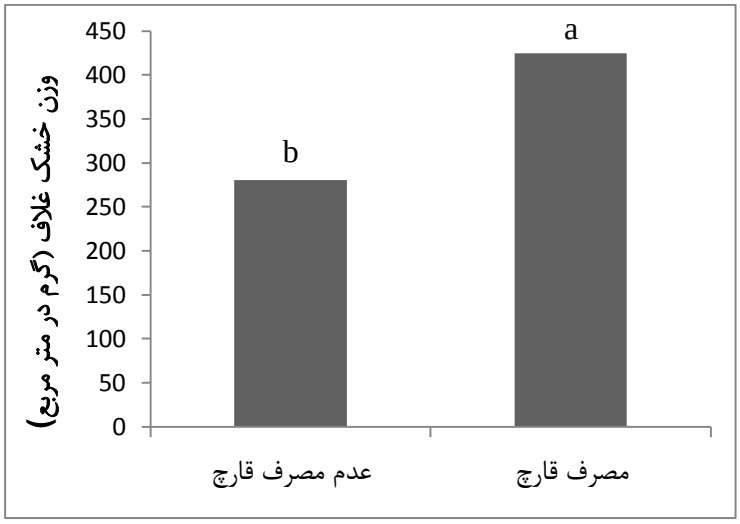
نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر باکتری رایزوبیوم بر وزن خشک غلاف معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۱). به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار تلقیح باکتری ریزوبیوم با ۴۲۶/۵۵۰ گرم در متر مربع بود که ۳۴/۷۴ درصد بیشتر از تیمار شاهد (عدم تلقیح) بود (شکل ۴-۱). اسدی رحمانی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تلقیح بذر با سویه های مختلف باکتری اثر معنی داری بر بیوماس اندام هوایی، وزن خشک غلاف و میزان غلظت نیتروژن در آوند چوبی دارد.




**شکل ۴-۱ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر وزن خشک غلاف**

اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف در متر مربع معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۱). بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار تلقیح قارچ میکوریزا به میزان ۴۲۴/۶۸۳ گرم در متر مربع مشاهده شد. بطوری‌که وزن خشک غلاف در بوته های تلقیح شده با قارچ میکوریزا ۳۴/۰۱ درصد بیشتر از عدم تلقیح بود (شکل ۴-۲).

به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی از طریق افزایش جذب مواد غذایی، افزایش جذب آب و یا تولید هورمون‌های رشد سبب افزایش رشد و افزایش وزن اندام هوایی نظیر غلاف می‌گردد.

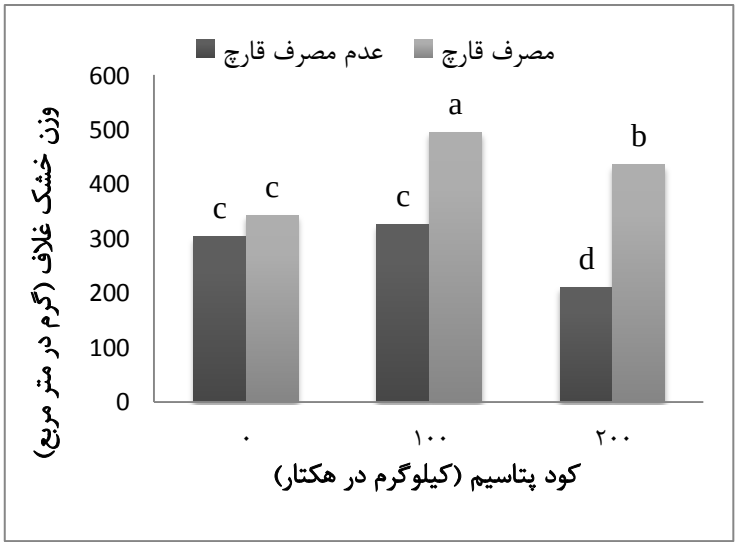



**شکل ۴-۲ تاثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد کود پتاسیم در سطح ۱ تاثیر معنی داری بر وزن خشک غلاف داشت (جدول پیوست ۴-۱). بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۴۱۰/۴۸۸ گرم در متر مربع بود که ۲۱/۱۹ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) بیشتر بود و کمترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۳۲۵/۳۷۵ گرم در هکتار بود که با تیمار شاهد (عدم مصرف کود ) تفاوت معنی داری نداشت (شکل۴-۳).

**شکل۴-۳ تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف**

اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم در سطح ۱ درصد بر وزن خشک غلاف معنی دار شد بطوری‌که بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۴۹۵/۴ گرم در متر مربع بود و کمترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار عدم مصرف قارچ میکوریزا و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۲۱۰/۹ گرم درمتر مربع بود (شکل۴-۴).




**شکل۴-۴ اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف**

اثر متقابل قارچ میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز بر وزن خشک غلاف معنی دار شد (جدول پیوست۴-۱). بیشترین وزن خشک غلاف در تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم با ۵۸۹/۳ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک غلاف در تیمار شاهد( عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم و عدم استفاده از قارچ میکوریزا، بدون مصرف کود پتاسیم) به میزان۱۶۶/۴ گرم در هکتار مشاهده شد (جدول۴-۱).

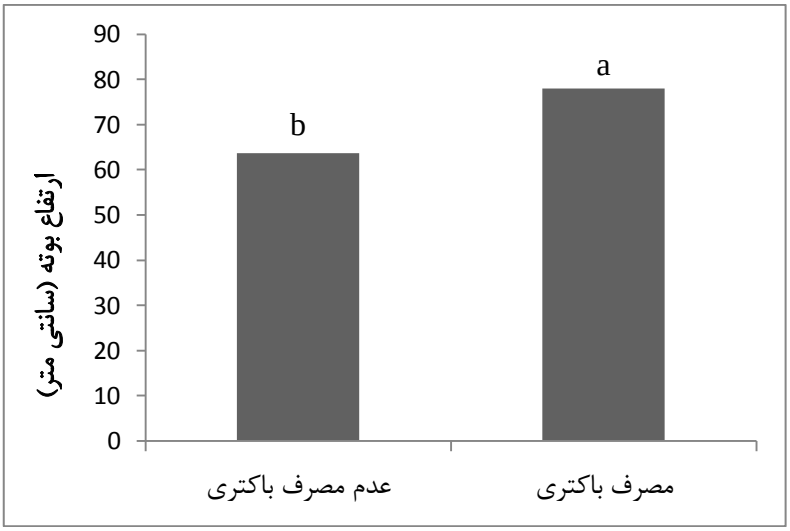
در این آزمایش اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری ریزوبیوم، اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف معنی دار نبود.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۵۵/۴ bc |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۳۲/۳ cde |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۴۴۱/۹ b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۶۶/۴ h |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۵۸۹/۳ a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۴۰۱/۵ bc |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۷۰/۵ bcd |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۲۸۰/۸ ef |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۵۵۵/۴a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۱۶/۹۳ def |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۲۴۸/۹ fg |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۷۲/۹ gh |

**جدول۴-۱ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن خشک غلاف**

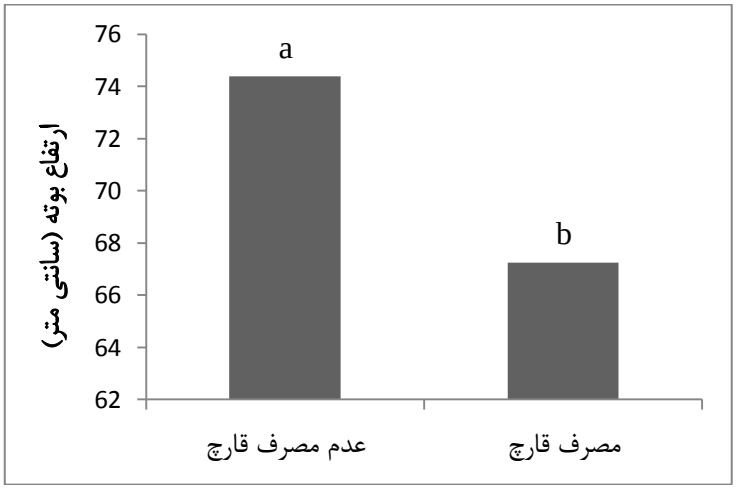
## ۴-۲ ارتفاع

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۴- ۱) بین مصرف باکتری رایزوبیوم و عدم مصرف آن در صفت ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارد. جدول مقایسه میانگین نشان داد که تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم به طور معنی‌داری ارتفاع بوته را افزایش داد بطوری‌که ارتفاع بوته های تلقیح شده با باکتری ریزوبیوم به میزان ۷۸ سانتی‌متر بیشترین مقدار بود و ۱۸/۴۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (شکل۴-۵). بیسواس و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که افزایش طول ساقه برنج در اثر تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم از طریق سازوکار ترشح هورمون های گیاهی تحریک کننده رشد توسط این باکتری ها می باشد. مقوانسی و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که طول ساقه سویا با تلقیح با سویه های مختلف برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم تحت تاثیر قرار گرفت.




**شکل ۴- ۵ اثر باکتری ریزوبیوم بر ارتفاع بوته**

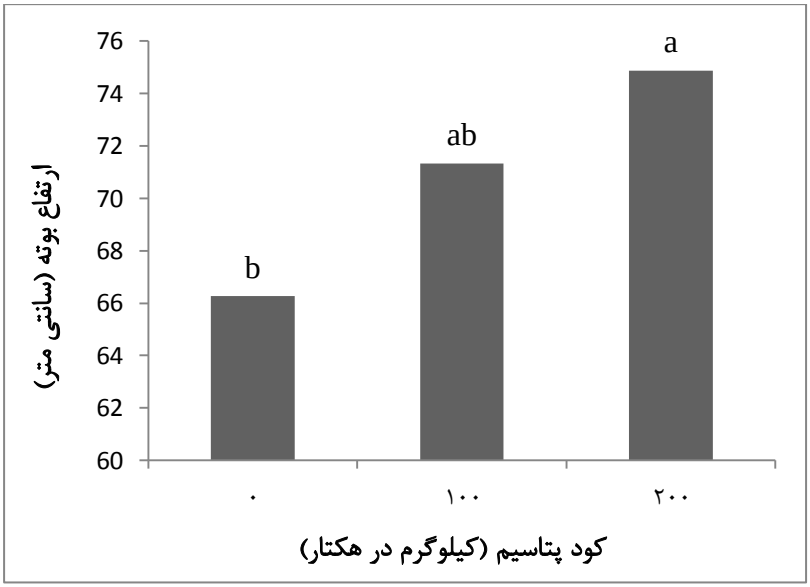
همچنین جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۴-۱) نشان داد که تاثیر مصرف قارچ میکوریزا بر ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل۴-۶). مقایسه میانگین ارتفاع بوته (جدول پیوست ۴-۱) نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا) به میزان ۷۴/۳۸ سانتی متر بود.



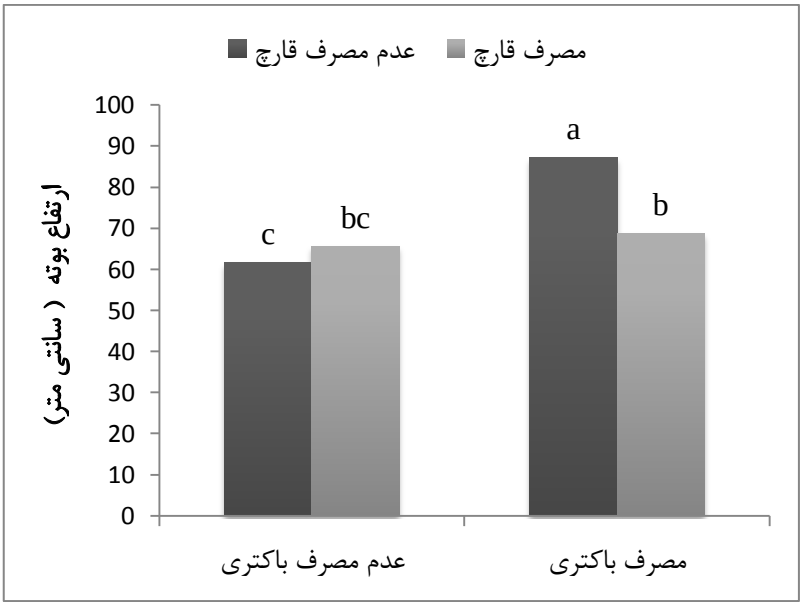

**شکل ۴- ۶ تاثیر قارچ میکوریزا بر ارتفاع بوته**

همچنین بین سطوح مختلف کود پتاسیم از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد (جدول پیوست ۴-۱). نتایج نشان داد که بیشترین تاثیر مربوط به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۷۴/۸۷ سانتی متر و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار عدم مصرف کود به میزان ۶۶/۲۶ سانتی متر می‌باشد (شکل ۴-۷). طویل شدن ساقه به میزان مصرف پتاسیم بستگی دارد (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۴). پتاسیم از طریق تنظیم اسمزی، پتانسیل آب لازم را برای رشد و به تبع آن برای تقسیم سلولی حتی در شرایط خشکی فراهم می‌کند ( مارشنر و مودائیش، ۱۹۹۵). گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم معمولا ضعیف و دارای ارتفاعی کوتاه هستند و رشد ساقه اصلی و جانبی در آنها متوقف شده و فاصله میانگره ها کوتاه می‌باشد ( محمدی، ۲۰۰۶).

اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم نیز بر ارتفاع بوته سویا معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۱). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار عدم مصرف قارچ میکوریزا و تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم به میزان ۸۷/۱۷ سانتی متر و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد ( عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح ریزوبیوم) به میزان ۶۱/۶۱ سانتی متر مشاهده شد (شکل ۴-۸).

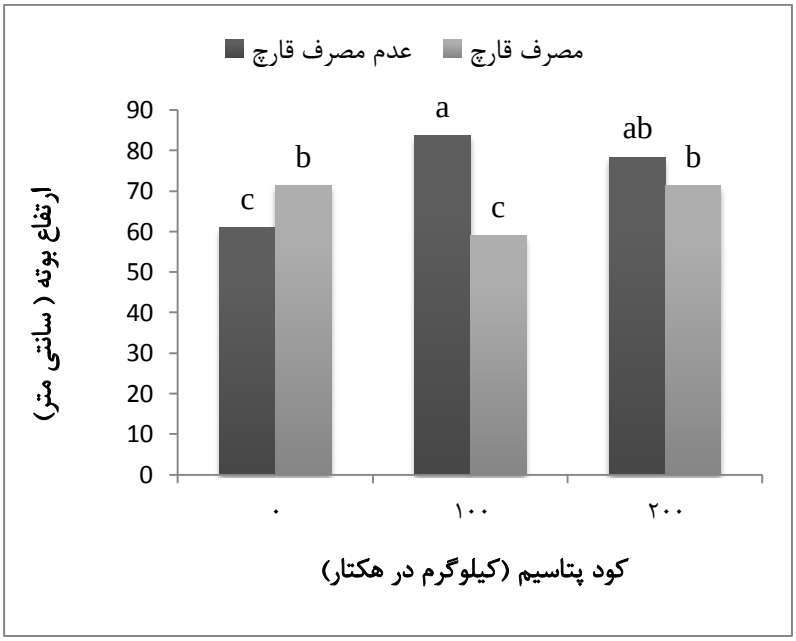



**شکل ۴- ۷ اثر کود پتاسیم بر ارتفاع بوته**




**شکل ۴-۸ اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر ارتفاع بوته**

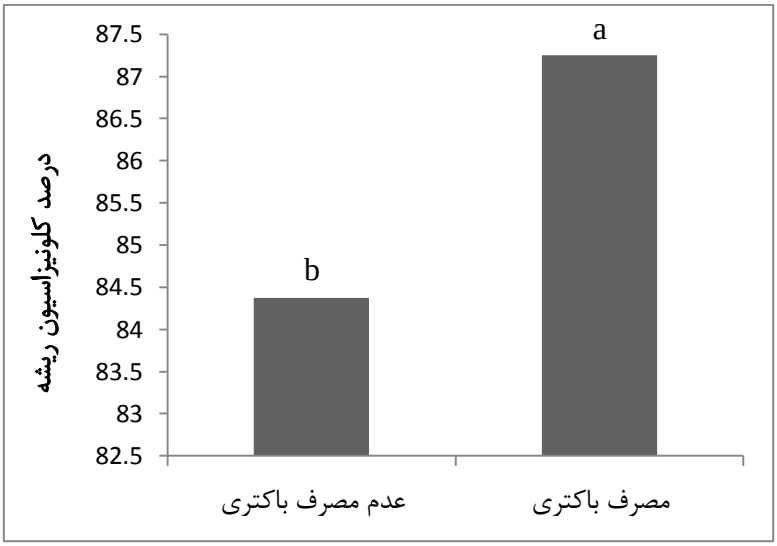
مطابق نتایج بدست آمده اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴-۱). بیشترین ارتفاع در بوته‌های با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بدون مصرف قارچ میکوریزا به میزان ۸۳/۶۷ سانتی متر و کمترین ارتفاع در بوته های با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود به همراه مصرف قارچ میکوریزا به میزان ۵۹ سانتی متر مشاهده شد که با تیمار عدم مصرف قارچ میکوریزا و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۹). در این آزمایش اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم و اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم معنی‌دار نشد.




**شکل ۴-۹ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته**

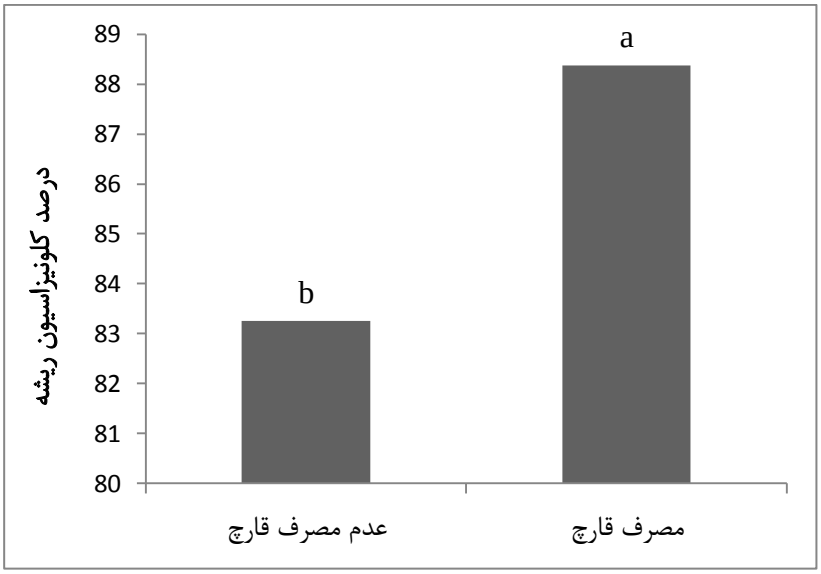
## ۴-۳ درصد همزیستی میکوریزایی

اثر اصلی باکتری ریزوبیوم بر کلونیزاسیون ریشه سویا در مرحله رسیدگی بذور در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۱). درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاهان تلقیح شده با باکتری نسبت به شاهد بیشتر بود (شکل۴-۱۰). بیانسیتو و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند، ریزوبیوم‌ها می‌توانند از طریق پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی به هیف‌های قارچ بچسبند و از آن‌ها به عنوان وسیله‌ای برای کلونیزاسیون روی ریشه گیاه استفاده کنند. همچنین ریزوبیوم استقرار میکوریزا را به وسیله تولید پلی‌ساکاریدها افزایش می‌دهد که منجر به سنتز آنزیم پلی‌گالاکتوروناز در محل آلودگی می‌شود، بدین ترتیب تسهیل نفوذپذیری قارچ میکوریزا به سلول‌های ریشه بهتر امکان پذیر می‌گردد (تلت و عبدآلا، ۲۰۰۸).



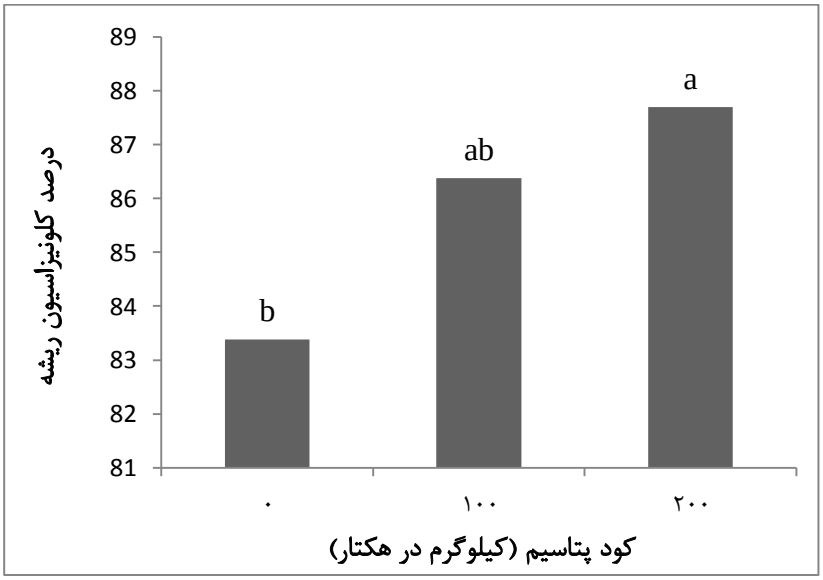

**شکل ۴- ۱۰ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر درصد همزیستی میکوریزایی**

نتایج نشان داد اثر قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۱). به طوری که کلونیزاسیون ریشه‌های تلقیح شده با قارچ میکوریزا به میزان ۸۷/۲۵ درصد بدست آمد (شکل ۴-۱۱). آراموگام و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند کلونیزاسیون ریشه گیاه لوبیا چشم بلبلی فقط در تیمارهای تلقیح با آرباسکولار و تلقیح دوگانه آرباسکولار و ریزوبیوم وجود دارد و تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم به تنهایی کلونیزاسیون ریشه نداشتند. برین و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزایی برروی خصوصیات رشدی و تغذیه‌ای گوجه-فرنگی به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزایی نسبت به گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریزا از درصد کلونیزاسیون بالاتری برخوردار بودند.




**شکل ۴- ۱۱ اثر قارچ میکوریزا بر درصد همزیستی میکوریزایی**

اثر کود پتاسیم نیز بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۱). تیمار شاهد (عدم مصرف کود) کمترین و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۸۶/۳۸ درصد بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه را داشتند که با تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل۴-۱۲).




**شکل ۴- ۱۲اثر کود پتاسیم بر درصد همزیستی میکوریزایی**

همچنین اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۱). بدین ترتیب که نمونه شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با ریزوبیوم) کمترین درصد کلونیزاسیون مشاهده شد و تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم بدون مصرف قارچ میکوریزا بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه را داشت که با سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل۴-۱۳).

**۴-۱۳ اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر درصد همزیستی میکوریزایی**

اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم نیز معنی دار شد (جدول پیوست۴-۱). بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا و استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۹۴/۵۰ درصد و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمارشاهد (عدم مصرف باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کود پتاسیم) به میزان ۷۵/۲۵ درصد مشاهده شد (جدول۴-۲).

در این آزمایش اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و مصرف کود پتاسیم و اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم معنی دار نبود.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۸۴/۷۵b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۸۶ b |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۸۷/۵۰ b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۷۵/۲۵ c |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۸۶/۷۵ b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۹۴/۵۰ a |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۸۶/۵۰ b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۷۷/۷۵ c |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۹۰/۲۵ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۸۸ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۸۷/۵۷ b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۸۴/۷۵ b |

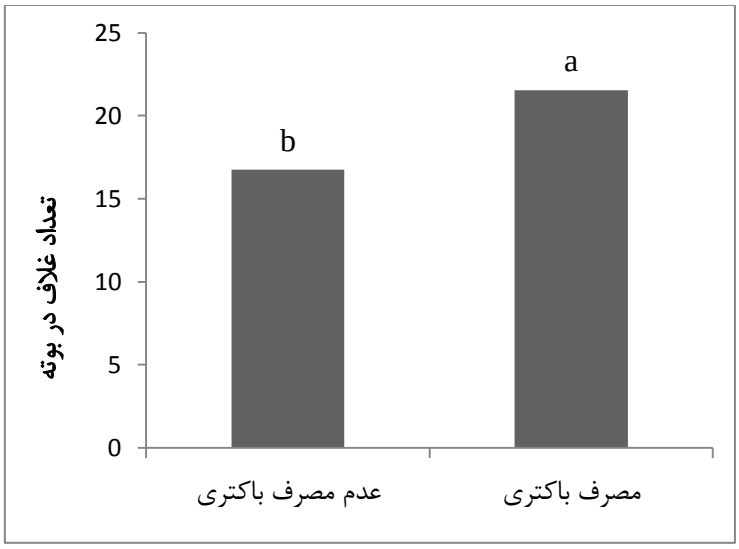
**جدول۴-۲ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد همزیستی میکوریزایی**

## ۴-۴ تعداد غلاف در بوته

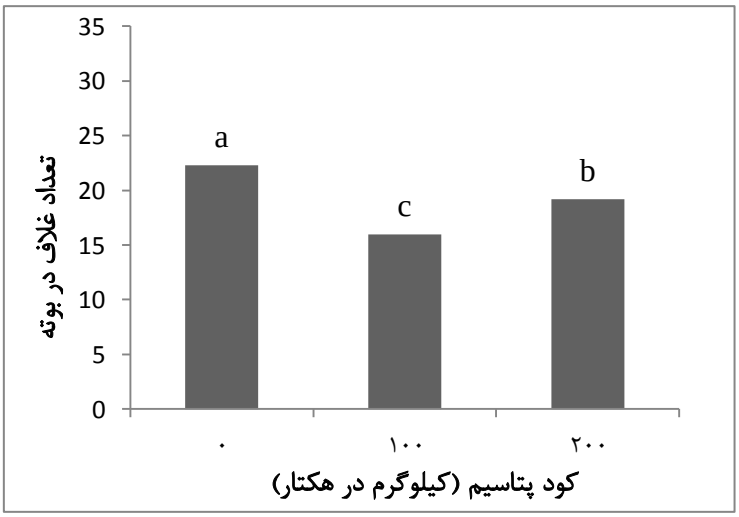
مطابق جدول تجزیه واریانس تاثیر تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۲). مقایسات میانگین نشان داد در تیمار تلقیح بذر با باکتری با تولید ۲۱/۵۵ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته مشاهده شد که ۲۲/۲۷ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش پیدا کرده بود (شکل ۴-۱۴). ژانگ (۲۰۰۲) گزارش کرد که رایزوبیوم باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته سویا می‌شود.

کاربرد کود پتاسیم نیز بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴-۲). بدین صورت که در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) با تولید ۲۷/۵۳ غلاف بیشترین و در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار با ۱۱/۹۷ غلاف کمترین تعداد غلاف در بوته وجود داشت (شکل۴-۱۵). افزایش مصرف پتاسیم موجب بزرگ شدن سلول، تحریک رشد گیاه، افزایش سطح برگ در جامعه گیاهی، تاخیر در پیری

برگ ها و فعالیت آنزیم های ساخت کربوهیدرات زیادتر شده و در نتیجه موجب فراهم شدن مواد غذایی و نهایتا افزایش تولید خورجین در بوته و عملکرد دانه می شود (زمان خان، ۲۰۰۴).



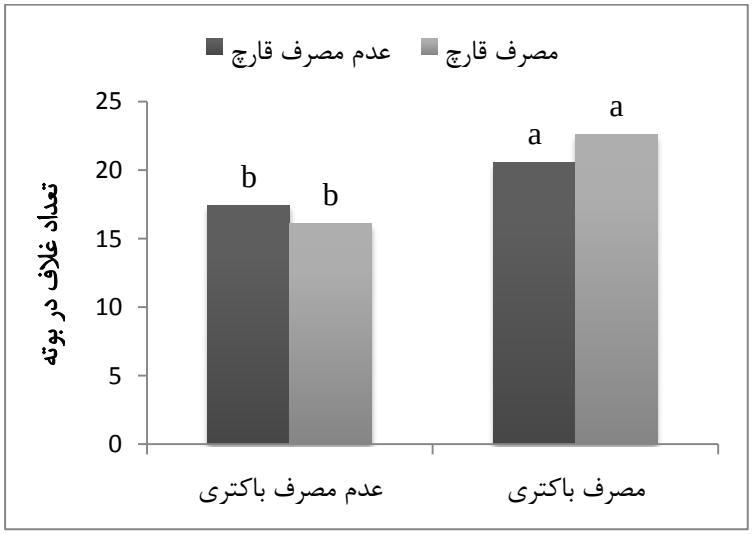

**شکل ۴-۱۴تاثیر باکتری ریزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته**




**شکل ۴- ۱۵ اثر کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته**

همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۲). در بوته‌های تلقیح شده با باکتری ریزوبیوم در هر دو تیمار مصرف قارچ میکوریزا و عدم مصرف قارچ با تولید ۲۲/۶۰ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته و در تیمارهای

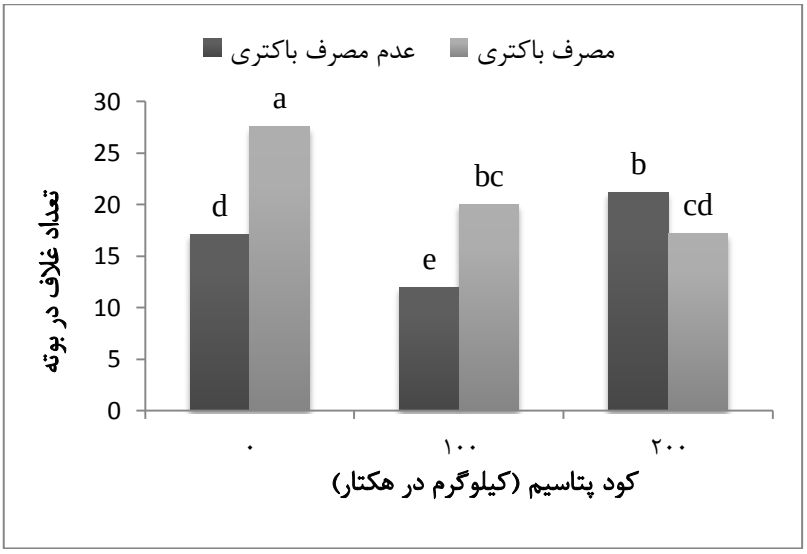
عدم مصرف باکتری ریزوبیوم در هر دو تیمار مصرف و عدم مصرف قارچ میکوریزا کمترین تعداد غلاف در بوته مشاهده شد (شکل ۴-۱۶). به نظر می‌رسد تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم به همراه مصرف قارچ میکوریزا اثر سینرژیستی بر افزایش صفت تعداد غلاف در بوته دارد.




**شکل ۴-۱۶ اثر متقابل میکوریزا و باکتری بر تعداد غلاف در بوته**

اثر متقابل میکوریزا و پتاسیم در سطح ۱ درصد بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول پیوست۴-۲). به‌طوری که تیمار شاهد ( عدم مصرف کود پتاسیم و عدم تلقیح با باکتری ریزوبیوم) با تولید ۲۴/۳۵ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته و بوته‌های با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و بدون تلقیح با میکوریزا با تولید ۱۴/۵۰ غلاف کمترین تعداد غلاف در بوته را دارا بودند (شکل ۴-۱۷). اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۲). تیمار مصرف باکتری بدون کود پتاسیم به میزان ۲۷/۵۳ غلاف بیشترین تعداد غلاف در بوته را دارا بود که به میزان ۳۷/۹۵ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود پتاسیم و عدم تلقیح با باکتری ریزوبیوم) افزایش داشت. تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم به همراه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم کمترین تعداد غلاف در بوته را داشت (شکل۴-۱۸).

**شکل ۴-۱۷ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته**




**شکل ۴-۱۸ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته**

اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا، تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول پیوست۴-۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار تلقیح باکتری ریزوبیوم،عدم مصرف قارچ میکوریزا و بدون استفاده از کود پتاسیم با تولید ۳۲/۴۴ غلاف در بوته و کمترین تعداد غلاف در بوته در تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار با تولید ۱۱/۵۲ غلاف در بوته مشاهده شد (جدول۴-۳).

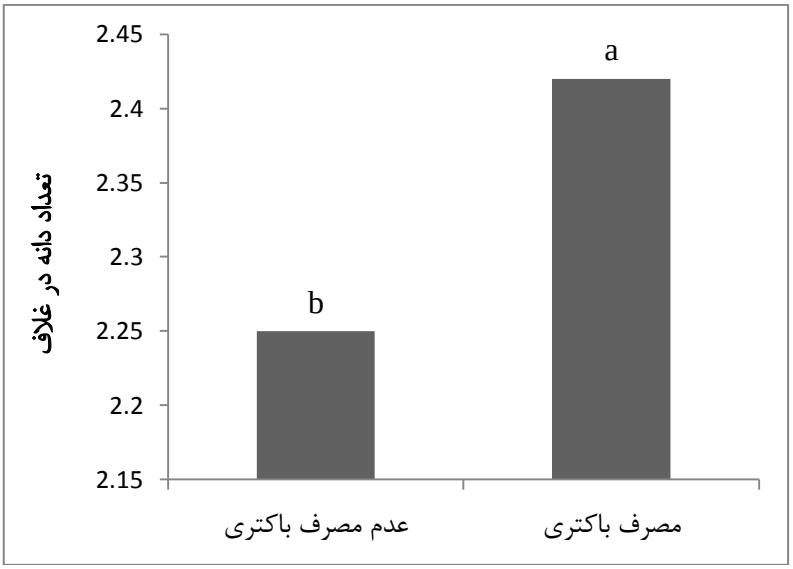
در این آزمایش اثر اصلی کاربرد قارچ میکوریزا معنی‌دار نبود.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۲۲/۶۱ bc |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۷/۹۲ de |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۲/۴۴ a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۶/۲۵ efg |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۲۳/۴۲ b |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۱/۵۲ h |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۶/۵۸ ef |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۲/۴۱ gh |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۲۱/۷۷ bcd |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۸/۷۷ cde |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۲/۵۲ fgh |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۲۳/۶۴ b |

**جدول۴-۳ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در بوته**

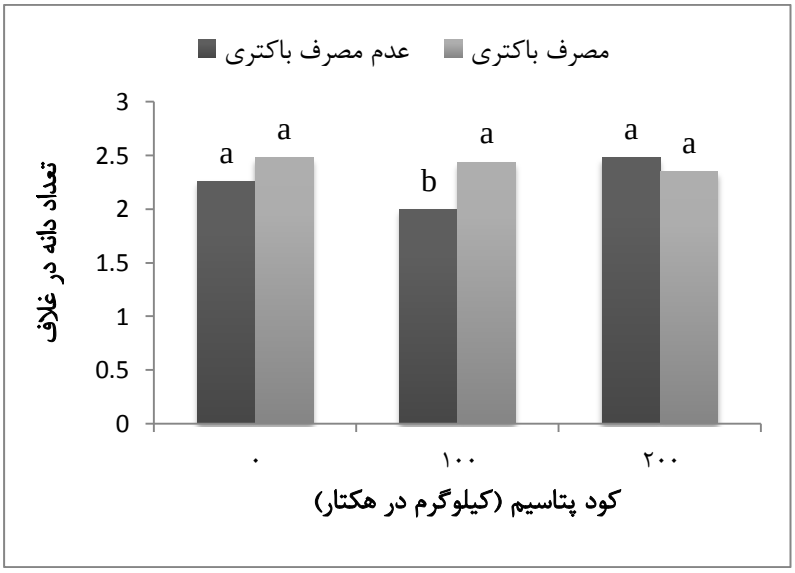
## ۴-۵ تعداد دانه در غلاف

مطابق جدول تجزیه واریانس کاربرد باکتری رایزوبیوم بر صفت تعداد دانه در غلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴-۲). مطابق نتایج بدست آمده تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم به طور معنی داری تعداد دانه در غلاف را افزایش داد بدین ترتیب تعداد دانه در غلاف در تلقیح با باکتری به میزان ۷/۰۲ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافته بود (شکل۴-۱۹). در بررسی اوپادهیایتال (۱۹۹۹) تیمار تلقیح شده با باکتری به طور معنی داری موجب افزایش تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه ماش نسبت به شاهد گردید.




**شکل ۴-۱۹ تاثیر مصرف باکتری ریزوبیوم بر تعداد دانه در غلاف**

اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر صفت تعداد دانه در غلاف در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۲). تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح باکتری ریزوبیوم بیشترین تعداد دانه در غلاف را دارا بود که با تیمار عدم مصرف کود پتاسیم به همراه تلقیح باکتری و عدم تلقیح باکتری و تیمار تلقیح باکتری و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و همچنین با تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار اختلاف معنی داری نداشت. تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار بدون مصرف باکتری ریزوبیوم کمترین تعداد دانه در غلاف را دارا بود (شکل ۴-۲۰).




**شکل ۴-۲۰ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر تعداد دانه در غلاف**

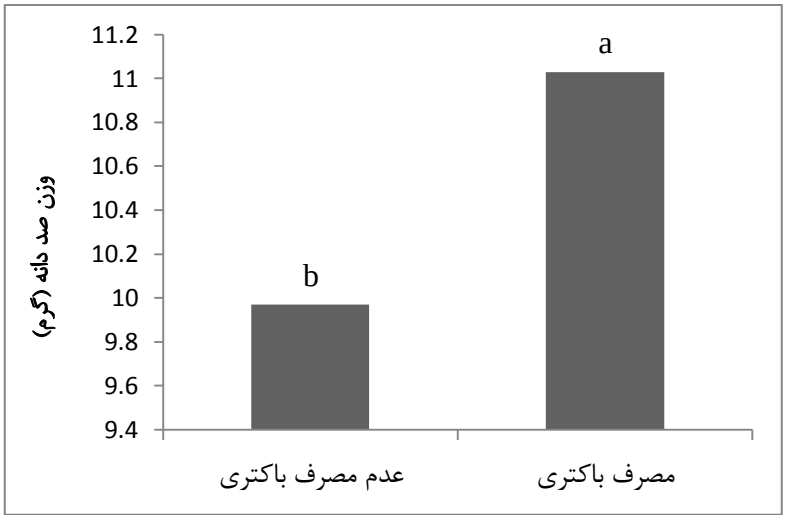
در این آزمایش اثرات اصلی قارچ میکوریزا، اثر کود پتاسیم و اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری ریزوبیوم، اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و مصرف کود پتاسیم و اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم معنی دار نبود.

## ۴-۶ وزن صددانه

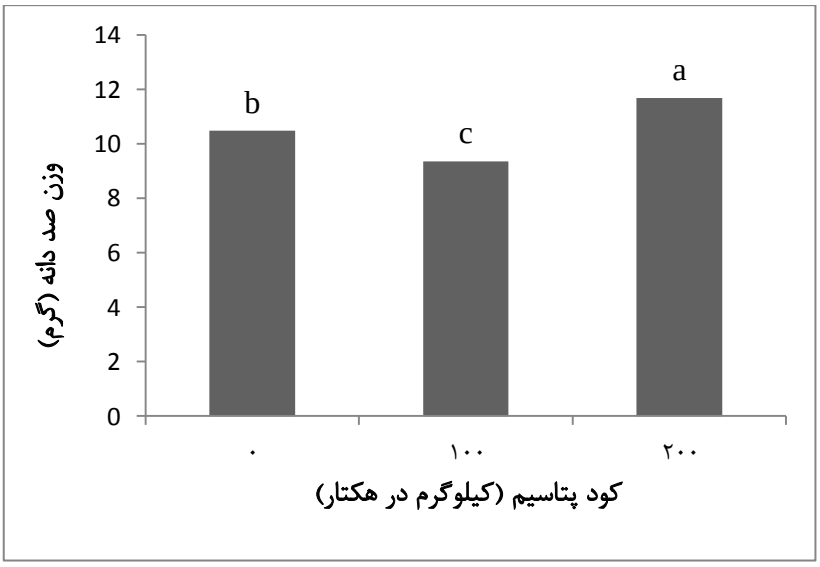
مطابق جدول تجزیه واریانس تاثیر تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم بر صفت وزن صد دانه در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۲). به طوری که تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم به میزان ۱۱/۰۳ گرم موجب افزایش ۹/۶۱ درصدی وزن صددانه نسبت به شاهد (عدم تلقیح) شد (شکل ۴-۲۱). نتایج برخی محققین نشان داد که تلقیح باقلا با ریزوبیوم عملکرد و وزن صد دانه باقلا را به طور قابل توجهی افزایش داده است (ال زیدانی و ال شیخ، ۱۹۹۷).

نتایج این پژوهش نشان داد صفت وزن صد دانه تحت تأثیر مصرف کود پتاسیم قرار گرفت و معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴-۲). بیشترین وزن صد دانه مربوط به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به

میزان ۱۱/۶۹ گرم و کمترین وزن صد دانه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹/۳۵ گرم بدست آمد (شکل ۴-۲۲). با توجه به نقش پتاسیم در افزایش تقسیم سلولی و رشد سلولی و افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه ها، پرشدن دانه بیشتر بوده و افزایش ابعاد دانه باعث افزایش وزن هزار دانه شد (خلدبرین و همکاران، ۱۳۸۴).



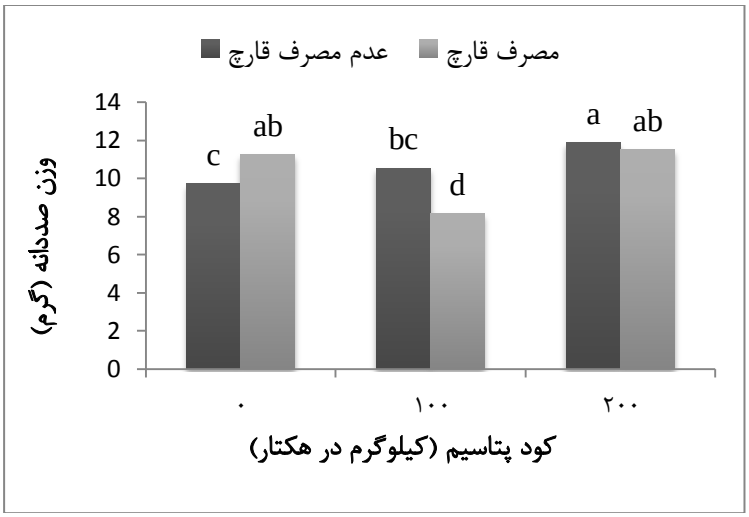

**شکل ۴-۲۱ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر وزن صد دانه**




**شکل ۴-۲۲ اثر کود پتاسیم بر وزن صد دانه**

مطابق جدول تجزیه واریانس اثر متقابل کود پتاسیم و قارچ میکوریزا در سطح ۱ درصد بر صفت وزن صد دانه معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۲). بیشترین وزن صددانه در تیمار عدم مصرف قارچ

میکوریزا به همراه تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود درهکتار به میزان ۱۱/۸۶ گرم مشاهده شد که با مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار عدم مصرف کود پتاسیم و همچنین با تیمار مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی داری نداشت. کمترین وزن صددانه نیز مربوط به تیمار مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار بود (شکل ۴-۲۳).




**شکل ۴-۲۳ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن صددانه**

اثر متقابل قارچ میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر وزن صددانه معنی دارشد (جدول پیوست ۴-۲). براساس نتایج بدست آمده بیشترین وزن صد دانه در تیمار تلقیح باکتری ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۱۲/۱۰ گرم و کمترین وزن صد دانه در تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در هکتار ۷/۳۳۵ گرم مشاهده شد (جدول۴- ۴).

همچنین در این آزمایش اثر اصلی قارچ میکوریزا، اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و استفاده از قارچ میکوریزا، اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف کود پتاسیم معنی دار نبود.

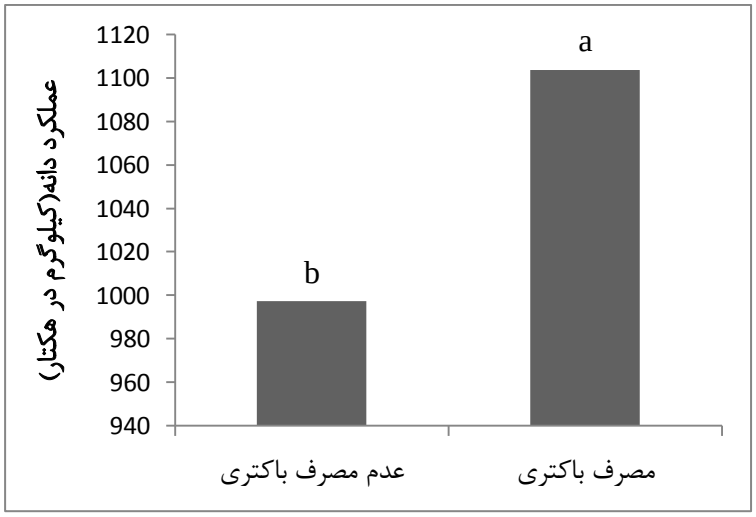
| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۰/۴۸ bc |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۱/۹۸ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۰/۹۶ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۸/۴۷ de |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۹/۰۱ cd |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۷/۳۳ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۱/۸۱ e |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۹/۲۷ cd |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۲/۱۰ a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۰/۹۲ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۱/۸۶ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۱/۸۵ ab |

**جدول۴-۴ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر وزن صد دانه**

## ۴-۷ عملکرد دانه در هکتار

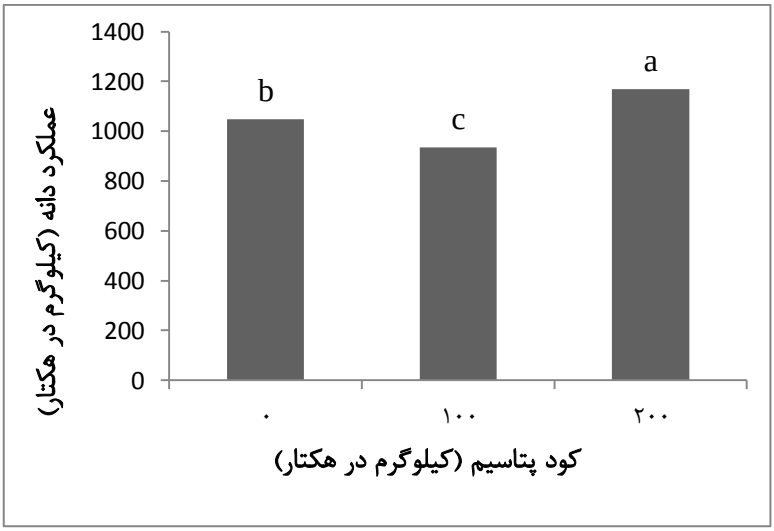
عملکرد دانه تحت تاثیر تلقیح با باکتری ریزوبیوم قرار گرفت و در سطح ۱ درصد معنی دار شد(جدول پیوست ۴-۲). بررسی عملکرد دانه در زمان برداشت نشان داد عملکرد دانه در گیاهان تلقیح شده با باکتری به میزان ۱۱۰۳/۷۹۲ کیلوگرم در هکتار، ۹/۶۴ درصد بیشتر از گیاه شاهد (عدم تلقیح) بودند (شکل ۴-۲۴). نتایج آزمایشات قاسمی پیربلوطی و همکاران (۱۳۸۳) نشان داد که تلقیح بذرهای ارقام لوبیا با سویه‌های مختلف باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم اثرات مثبت معنی‌داری بر صفاتی از جمله عملکرد دانه، وزن خشک غلاف در بوته، تعداد غلاف در بوته و میزان درصد تثبیت نیتروژن داشت. با توجه به نتایج بت و همکاران (۲۰۱۱)، در تلقیح ماش سبز با باکتری ریزوبیوم، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به شاهد (عدم تلقیح) مشاهده شد. افزایش عملکرد دانه در نتیجه تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم می-

تواند به علت تولید هورمون‌های رشد، سنتز انواع ویتامین‌ها و افزایش مقاومت گیاه در برابر عامل بیماری‌زا توسط این باکتری‌ها باشد که سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود.




**شکل ۴-۲۴ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد دانه**

اثر کود پتاسیم بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۲). بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود درهکتار به میزان ۱۱۶۸/۵۶۳ کیلوگرم در هکتار بود که ۱۰/۴۴ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) بیشتر بود و کمترین عملکرد دانه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹۳۵/۸ بدست آمد (شکل ۴-۲۵). هدر و برینجر (۱۹۸۱) اعلام کردند که تغذیه مناسب با پتاسیم موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و نهایتا عملکرد می گردد. تاثیر مثبت کود پتاسیم بر افزایش عملکرد دانه توسط بیک نژاد و همکاران (۲۰۱۰ ) برای ارزن و ولی آبادی و همکاران (۲۰۰۹) برای سورگوم و ذرت گزارش شده است.

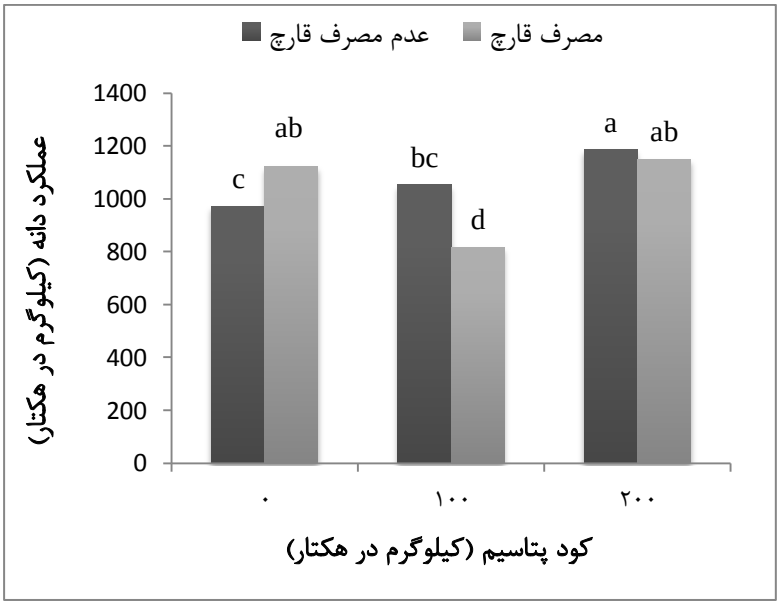



**شکل ۴-۲۵ تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد دانه**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل مصرف قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۲). ملاحظه می شود که تیمار بدون کاربرد قارچ میکوریزا به همراه مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود درهکتار به میزان ۱۱۸۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت که با تیمارکاربرد قارچ میکوریزا و تیمار بدون مصرف کود و ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۴-۲۶).

اثر متقابل قارچ میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز معنی دار شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۱۲۱۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۷۳۳/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۴- ۶ ).

در این آزمایش اثر اصلی مصرف قارچ میکوریزا، اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و استفاده از کود پتاسیم، اثر متقابل مصرف قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری ریزوبیوم معنی دار نشد.



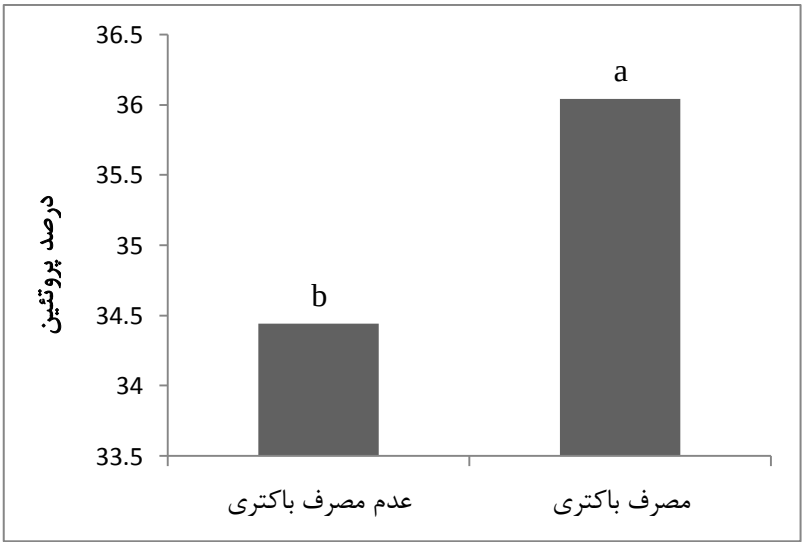

**شکل ۴-۲۶ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه در هکتار**

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۰۴۸bc |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۱۹۹ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۰۹۶ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۴۸۷/۵ de |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۹۰۱/۳ cd |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۷۳۳/۵ e |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۱۸۱ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۹۲۷/۵ cd |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۲۱۱ a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۰۹۲ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۱۸۷ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۱۸۵ ab |

**جدول۴-۵ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد دانه**

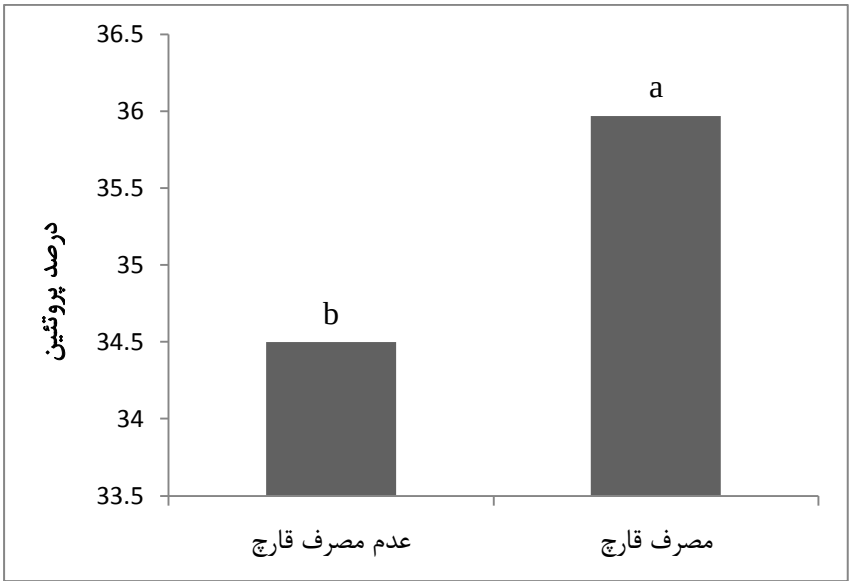
## ۴-۸ درصد پروتئین

مطابق جدول تجزیه واریانس تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم بر درصد پروتئین معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). مقایسه میانگین نشان داد که با استفاده از باکتری درصد پروتئین نیز افزایش یافت به ط+وری که بالاترین میزان درصد پروتئین مربوط به مصرف باکتری به میزان ۳۶/۰۴ درصد بود (شکل۴-۲۷). شواهد حاکی از آن است که تثبیت بالاتر ازت و انتقالات ازت بیشتر به دانه باعث افزایش درصد پروتئین در تیمارهایی می شود که در آن ها تثبیت بیولوژیکی پروتئین بالاتر است و از طرف دیگر این تاثیر در خاک هایی که دارای باکتری رایزوبیوم می باشد بیشتر است (آبل و اردمن،۱۹۶۴ و لفل و همکاران،۱۹۹۲). در پژوهشی گزارش گردید که گیاه سویا در شرایط تلقیح با باکتری ۱۰ درصد پروتئین بیشتری نسبت به شرایط عدم تلقیح دارد و کاربرد کود نیتروژن میتواند مقدار پروتئین دانه را تقریبا به سطحی معادل گیاهان تلقیح شده برساند (کریشنان و همکاران،۲۰۰۰).



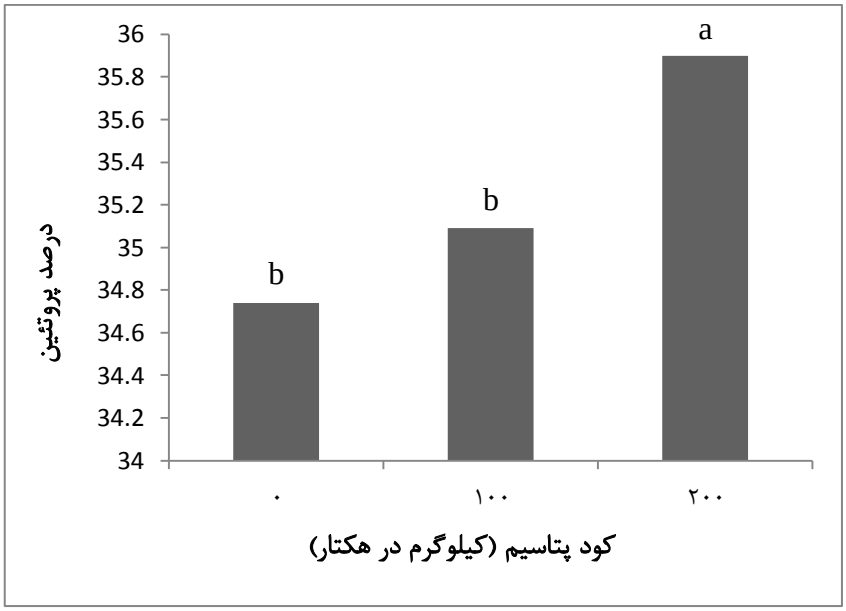

**شکل ۴- ۲۷ تاثیر مصرف باکتری ریزوبیوم بر درصد پروتئین**

کاربرد قارچ میکوریزا بر درصد پروتئین معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش درصد پروتئین دانه به میزان ۳۵/۹۶ درصد شد (شکل ۴-۲۸).




**شکل ۴-۲۸ تاثیر قارچ میکوریزا بر درصد پروتئین**

بین سطوح کود پتاسیم از نظر درصد پروتئین اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول پیوست ۴-۳). مقایسه میانگین (جدول پیوست ۴-۳) نشان داد بیشترین درصد پروتئین مربوط به مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود درهکتار با ۳۵/۹۰ درصد و کمترین درصد پروتئین مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود درهکتار با ۳۴/۷۴ درصد بود که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۴-۲۹). پتاسیم با تحریک تولید کربوهیدراتها به متابولیسم نیتروژن جذب شده توسط گیاه و تبدیل آن به اسیدهای آمینه و پروتئین و تجمع آن در دانه کمک می کند (عزیزی، ۱۳۷۷).




**شکل ۴- ۲۹تاثیر کود پتاسیم بر درصد پروتئین**

اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم نیز بر درصد پروتئین معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). بدین ترتیب که بیشترین درصد پروتئین با ۳۶/۷۶ درصد مربوط به تیمار مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم بود که از نظر آماری با کاربرد قارچ میکوریزا بدون مصرف کود پتاسیم اختلاف معنی داری نداشت. کمترین درصد پروتئین با ۳۳/۱۹ درصد مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم) بود (شکل ۴-۳۰).

همچنین مطابق نتایج بدست آمده اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر درصد پروتئین معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۳). براین اساس بیشترین درصد پروتئین با ۳۵/۹۵ درصد در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود درهکتار و تلقیح باکتری ریزوبیوم مشاهده شد که با تلقیح باکتری ریزوبیوم در سطح عدم مصرف و ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم درهکتار و تیمار عدم مصرف باکتری ریزوبیوم و ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی داری نداشت. کمترین درصد پروتئین نیز در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم و عدم مصرف کود پتاسیم) به میزان۳۳/۶۲ درصد مشاهده شد که از نظر آماری با تیمار کاربرد۱۰۰ کیلوگرم کود بدون تلقیح باکتری تفاوت معنی داری نداشت(شکل ۴-۳۱).

**شکل ۴- ۳۰ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد پروتئین**

**شکل ۴-۳۱ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر درصد پروتئین**

همچنین اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). به طوری که بیشترین درصد پروتئین در تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۳۶/۹۸ درصد و کمترین درصد پروتئین در تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم، مصرف قارچ میکوریزا و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۳۲/۷۸ درصد مشاهده شد (جدول۴- ۶).

در این آزمایش اثر متقابل تلقیح با باکتری ریزوبیوم و استفاده از قارچ میکوریزا معنی دار نشد.

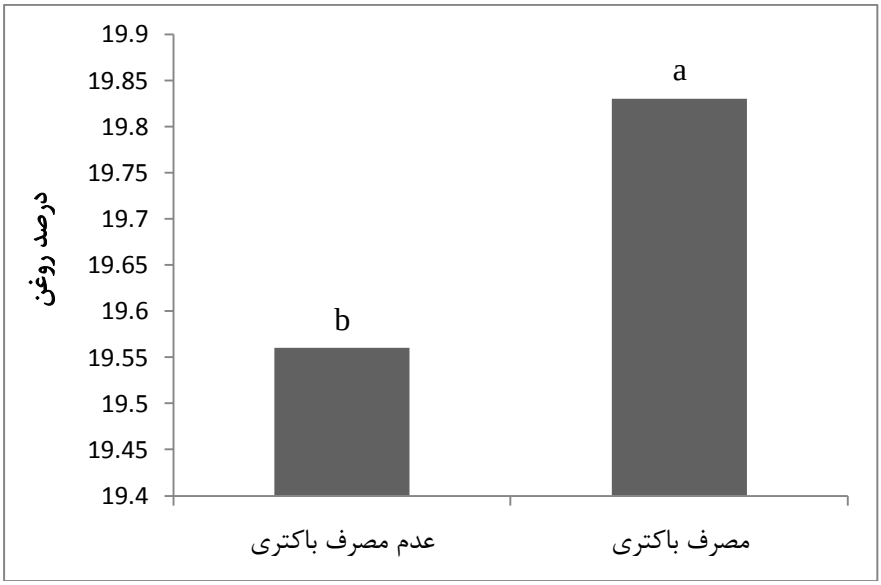
| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۶/۳۷ abc |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۶/۲۲ bcd |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۶/۳۵ cde |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۳/۰۱ g |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۶/۹۸ a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۲/۷۸ f |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۵/۸۵ bcd |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۲/۷۸ e |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۶/۷۶ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۶/۷۶ ab |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۳۴/۹۲de |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۳۵/۱۵ de |

**جدول۴- ۶ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد پروتئین**

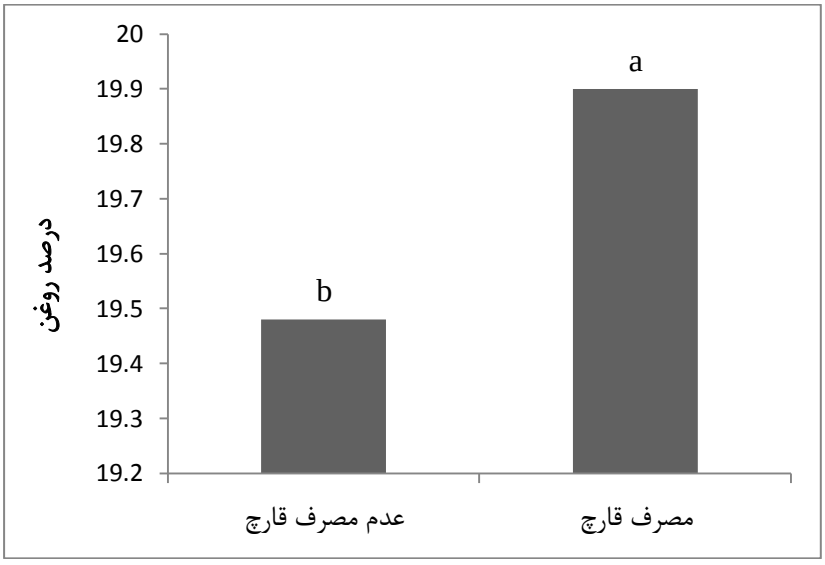
## ۴-۹ درصد روغن

بین سطوح مختلف باکتری رایزوبیوم از نظر درصد روغن اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول پیوست ۴-۳). نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف باکتری ریزوبیوم درصد روغن نیز افزایش یافت به طوری که بالاترین درصد روغن مربوط به مصرف باکتری ریزوبیوم به میزان ۲۰/۰۲ درصد بود (شکل۴-۳۲). براساس نتایج آلیاری و همکاران (۲۰۰۰) پتاسیم باعث افزایش درصد روغن در آفتابگردان می شود. ویس (۲۰۰۰) نیز نتایج مشابهی از اثر پتاسیم بر گلرنگ را گزارش نمود.

مطابق جدول تجزیه واریانس کاربرد قارچ میکوریزا بر درصد روغن تاثیر معنی داری داشت (جدول پیوست ۴-۳). به طوری که در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا درصد روغن ۱۹/۹۰ درصد بود که نسبت به شاهد (عدم مصرف) ۱۹/۴۸ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۳۳).

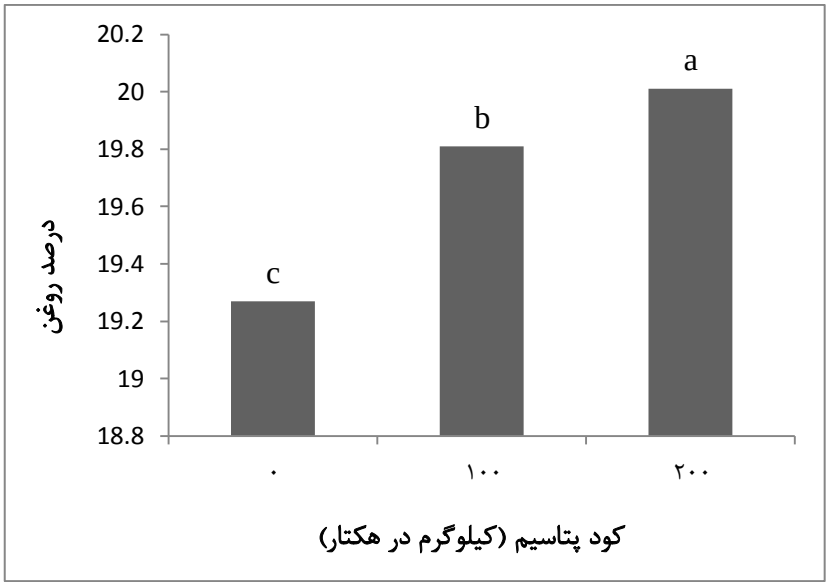



**شکل ۴-۳۲ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر درصد روغن**




**شکل ۴-۳۳ تاثیر قارچ میکوریزا بر درصد روغن**

اثر کاربرد کود پتاسیم نیز بر درصد روغن معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۳). مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار با ۲۰/۰۱ درصد روغن بیشترین و نمونه شاهد (عدم مصرف کود) با ۱۹/۲۷ درصد کمترین درصد روغن را دارا بودند (شکل ۴-۳۴). احمدی و جاویدفر (۱۳۷۷) گزارش کردند که پتاسیم نقش عمده ای در فعالیت های فیزیولوژیکی و سیستم آنزیمی گیاهی که متابولیسم مواد فتوسنتزی و تبدیل آنها به روغن را کنترل می‌کنند، ایفا می‌کند.



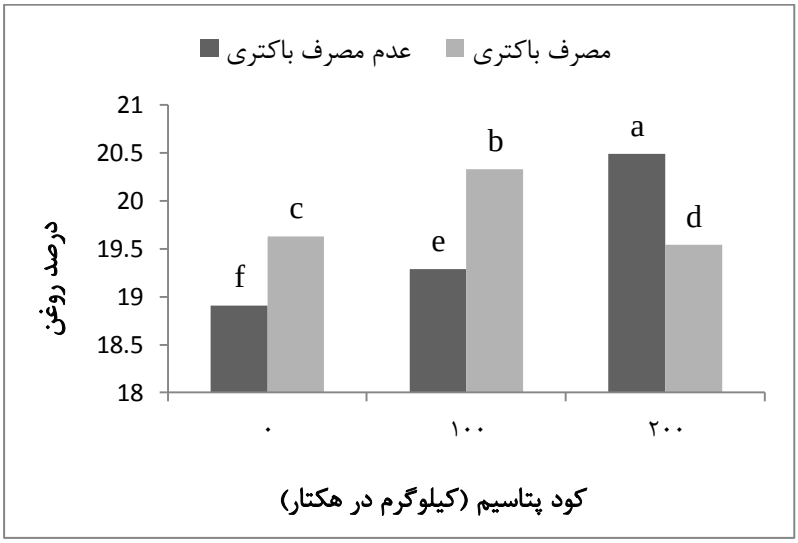

**شکل ۴-۳۴ تاثیر کود پتاسیم بر درصد روغن**

زمان خان و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثر سطوح مختلف کود پتاسیم بر رشد و عملکرد روغن و دانه کلزا گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و روغن در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار نسبت به سایر سطوح (۰،۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد.

اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم نیز در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۳). مصرف قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بیشترین درصد روغن (۲۰/۰۲درصد) و نمونه شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری ریزوبیوم) با ۱۹/۳۳درصد کمترین درصد روغن را دارا بودند (شکل۴-۳۵).

**شکل ۴-۳۵ اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر درصد روغن**

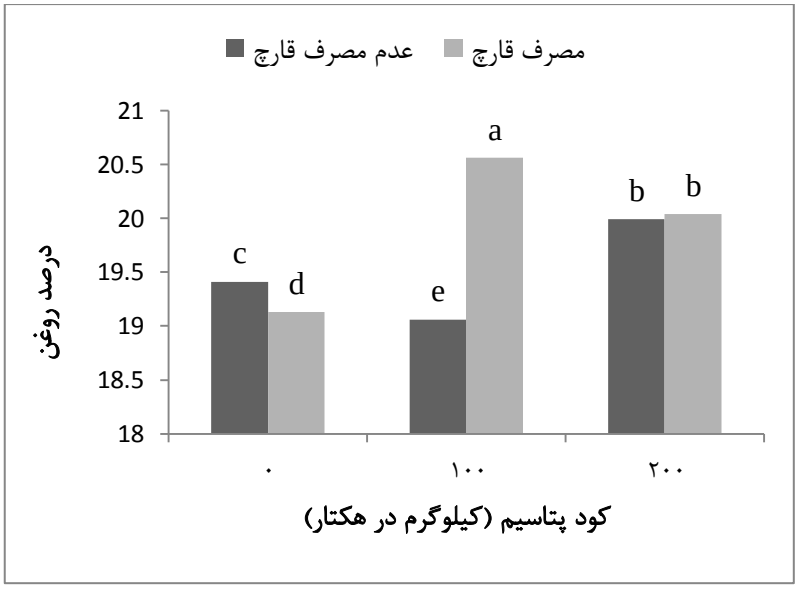
اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز بر درصد روغن معنی دار شد (جدول پیوست ۴ -۳). به طوری که بیشترین درصد روغن در تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم و کاربرد ۲۰۰کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار با ۲۰/۴۹درصد بود و کمترین درصد روغن با ۱۸/۹۱ درصد در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم و عدم مصرف کود پتاسیم) مشاهده شد (شکل ۴-۳۶).




**شکل ۴-۳۶ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر درصد روغن**

براساس نتایج بدست آمده اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن معنی دار بود. بدین صورت تیمار مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار با ۲۰/۵۶ درصد بیشترین و تیمارمصرف قارچ میکوریزا بدون مصرف کود پتاسیم با ۱۹/۳۳ درصد کمترین درصد روغن را داشتند (شکل۴-۳۷).

همچنین اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). بیشترین درصد پروتئین در تیمارتلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم به میزان ۲۱/۲۶ درصد و کمترین درصد روغن در تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم، عدم مصرف قارچ میکوریزا و عدم کاربرد کود پتاسیم) به میزان ۱۸/۴۹ درصد مشاهده شد (جدول ۴-۷).




**شکل ۴-۳۷ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن**

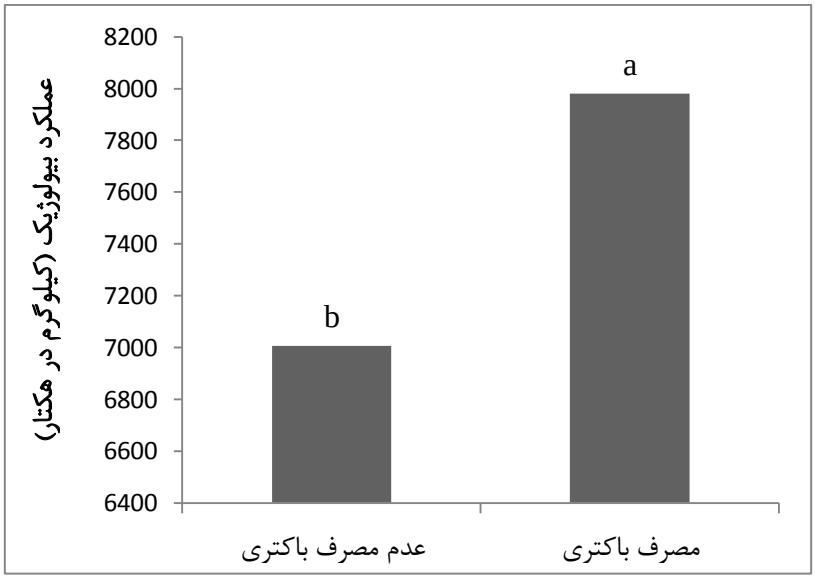
.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۸/۹۳ i |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۹/۳۳ g |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۲۰/۳۳ c |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۸/۴۹ k |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۲۱/۲۶a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۹/۸۶ e |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۹/۴۰ f |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۱۸/۷۲ j |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۹/۸۷ e |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۲۰/۲۰ d |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۹/۲۲ h |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۲۰/۷۷ b |

**جدول۴-۷ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر درصد روغن**

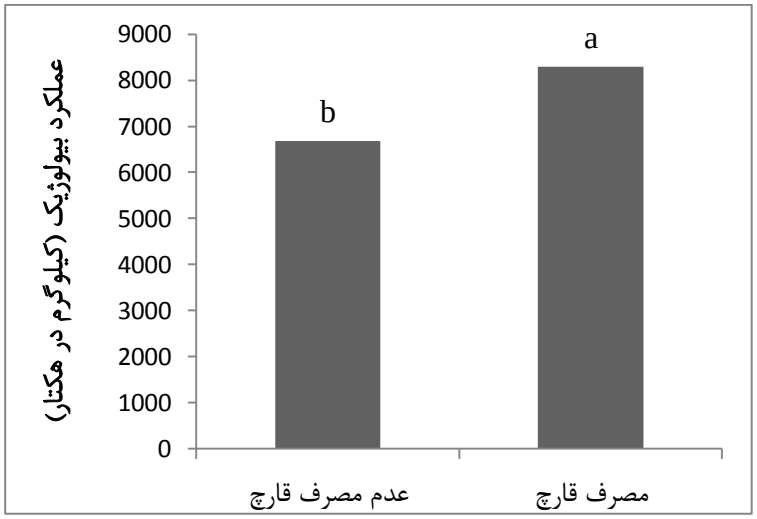
## ۴-۱۰ عملکرد بیولوژیک

تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول پیوست ۴- ۳). به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک در بوته‌های تلقیح یافته با باکتری ریزوبیوم به میزان ۷۹۸۰/۹۱۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که ۱۲/۱۹ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش داشت و کمترین عملکرد بیولوژیک در بوته‌های شاهد (عدم تلقیح) به میزان ۷۰۰۷/۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۳۸). آلبایراک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند تلقیح ارقام معمولی ماش با باکتری ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک (۸/۵ درصد)، عملکرد کاه (۱۰/۴ درصد) در مقایسه با ارقام تلقیح نشده گردید.




**شکل ۴-۳۸ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک**

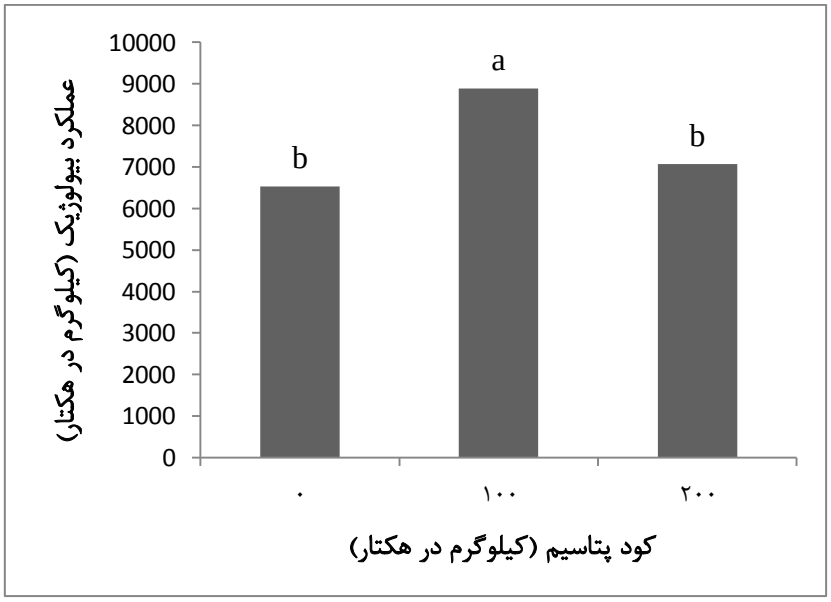
نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). بیشترین عملکرد در شرایطی بدست آمد که گیاه با قارچ میکوریزا تلقیح شده بود. بطوری که عملکرد بیولوژیک در بوته های تلقیح یافته با میکوریزا به میزان ۸۳۰۱/۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم مصرف میکوریزا) ۱۹/۴۵ درصد افزایش داشت (شکل ۴-۳۹). کاتلین و کراس (۲۰۰۶) اعلام کردند عملکرد بیولوژیک بسیاری از گیاهان که با قارچ میکوریزایی همزیستی دارند نسبت به گیاهان که در محیط رشدشان قارچ میکوریزا وجود ندارد بالاتر است. نادیان (۱۳۸۴)، گزارش نمود که وزن ماده خشک شبدر برسیم میکوریزایی از شاهد به طور معنی‌داری بیشتر شد. به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی با افزایش فراهمی فسفر مورد نیاز و بهبود شرایط فیزیکی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام‌های هوایی نظیر ساقه، برگ و غلاف و متعاقب آن افزایش تولید ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) را فراهم آورد.



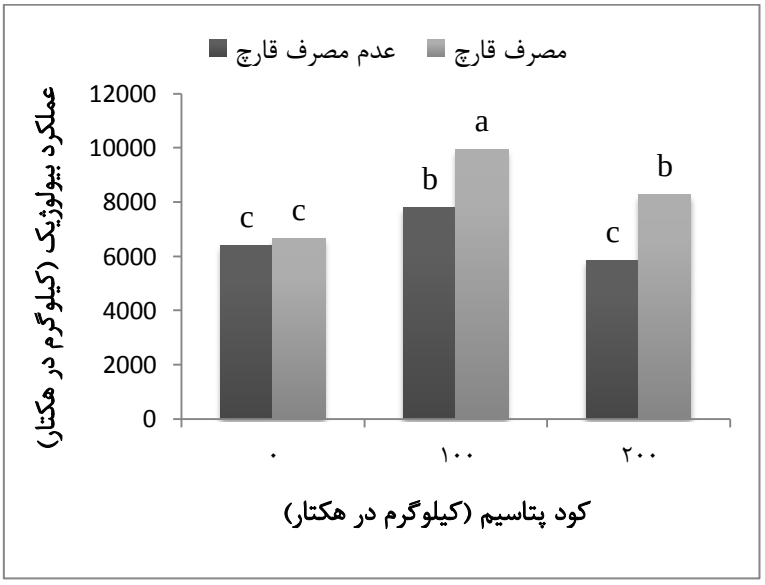

**شکل ۴-۳۹ تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک**

اثر کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمارمصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۸۸۸۷/۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) ۲۶/۴۹ درصد افزایش پیدا کرده بود و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد که با تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۴۰). مشخص شده است پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص های سطح برگ و لذا جذب $Co_2$ و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ می شود (هیکال و همکاران، ۱۹۹۰).

مطابق نتایج بدست آمده اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۳). بوته های تلقیح شده با قارچ میکوریزا به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹۹۶۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار و تیمار مصرف قارچ میکوریزا و تیمار۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۵۸۵۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (شکل ۴-۴۱).



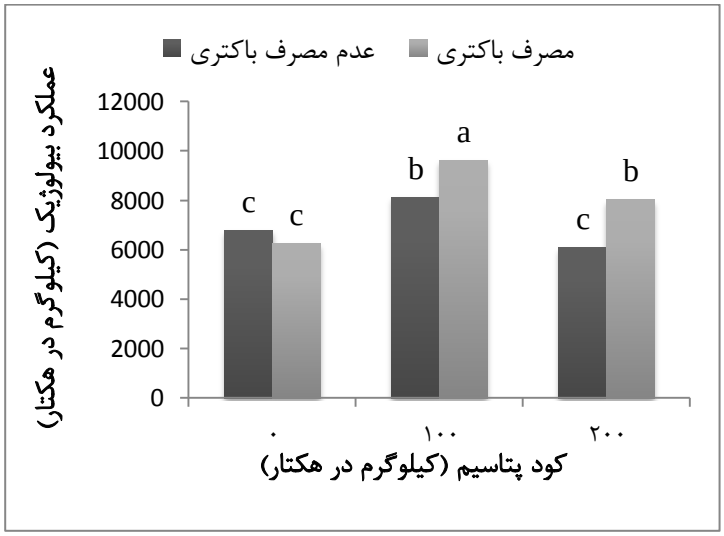

**شکل ۴-۴۰ تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک**




**شکل ۴-۴۱ اثر متقابل میکوریزا وکود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک**

اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم نیز بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). به این ترتیب تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۹۶۳۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک و تیمار عدم مصرف باکتری ریزوبیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۶۰۹۶ کیلوگرم در هکتار

کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند که با تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۴-۴۲).




**شکل ۴-۴۲ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک**

اثر متقابل میکوریزا، باکتری و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک نیز معنی دار بود (جدول پیوست ۴-۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم و مصرف قارچ میکوریزا به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به میزان ۱۰۹۶۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار عدم تلقیح باکتری ریزوبیوم و عدم استفاده از قارچ میکوریزا و تیمار مصرف ۲۰۰کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۵۲۵۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۴-۸).

در این آزمایش اثر متقابل استفاده از قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری معنی دار نبود.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۵۴۷۵ fg |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۷۸۵۹ def |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۷۰۸۳ cde |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۵۷۱۰ g |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۱۰۹۶ a |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۸۹۷۲ bc |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۸۳۰۷ bcd |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۷۳۱۳ de |
| ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم | مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۹۶۱۰ ab |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۶۹۳۶ def |
| | عدم مصرف قارچ | تلقیح باکتری | ۶۴۵۴ efg |
| | | عدم تلقیح باکتری | ۵۲۵۵g |

**جدول۴-۸ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک**

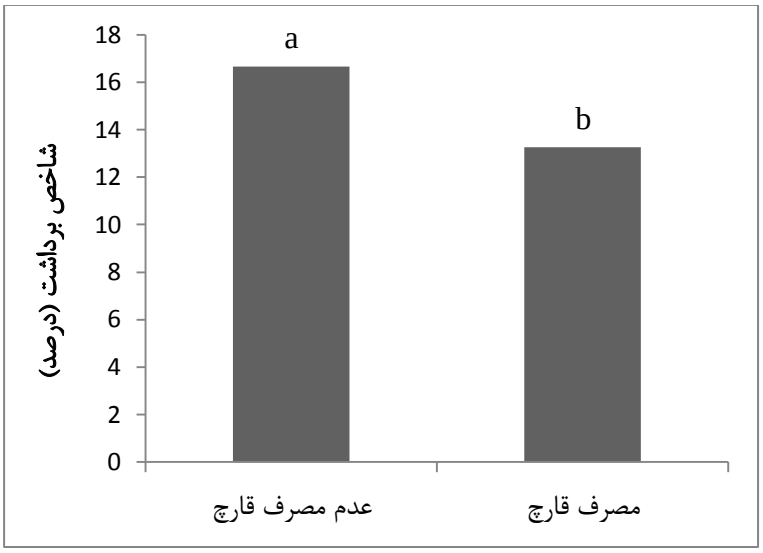
## ۴-۱۱ شاخص برداشت

این صفت که حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک می‌باشد، همبستگی زیادی با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارد و در واقع توضیحی است بر این که چه مقدار آسمیلات‌ها از سایر اندام گیاه به دانه اختصاص یافته است (ناظری و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۴-۳) نشان داد اثر قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار شاخص برداشت درتیمار شاهد (عدم کاربرد قارچ) به میزان ۱۶/۶۶ درصد مشاهده شد (شکل ۴-۴۳).

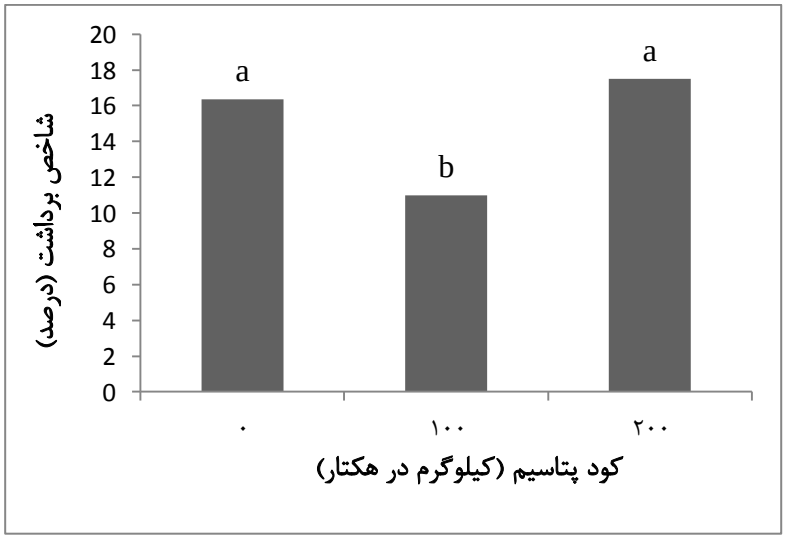
کاربرد سطوح مختلف کود پتاسیم بر شاخص برداشت تاثیر معنی داری داشت (جدول پیوست ۴-۳). بیشترین شاخص برداشت در مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار به میزان ۱۷/۵۱ درصد مشاهده شد که با تیمار شاهد (عدم مصرف کود) از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت. و کمترین شاخص برداشت در صورت مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۱۱ درصد بود (شکل ۴-

۴۴). یومار (۲۰۰۴)، نشان داد که کود پتاسیم بر عملکرد تاثیر مثبت داشته و سبب افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شده است.

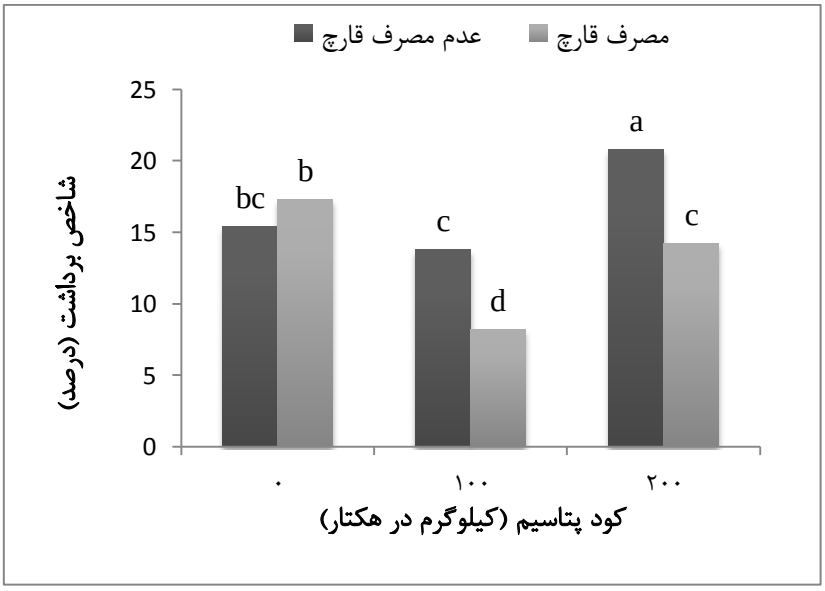



**شکل ۴-۴۳ تاثیر قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت**

اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۳). بیشترین شاخص برداشت در تیمار عدم مصرف قارچ میکوریزا و تیمار۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۲۰/۷۸ درصد و کمترین شاخص برداشت در تیمار مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۸/۲۱ درصد مشاهده شد (شکل ۴-۴۵).



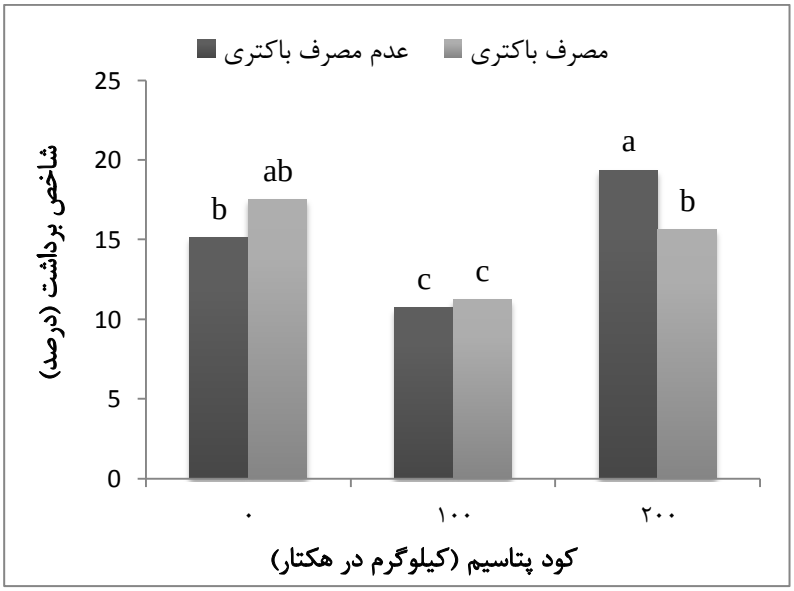

**شکل ۴-۴۴ تاثیر کود پتاسیم بر شاخص برداشت**




**شکل ۴-۴۵ اثر متقابل میکوریزا و کود پتاسیم بر شاخص برداشت**

مطابق نتایج بدست آمده اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم در سطح احتمال ۵ معنی دار شد (جدول پیوست ۴-۳). بدین ترتیب که بیشترین شاخص برداشت در تیمار عدم مصرف باکتری ریزوبیوم و ۲۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۱۹/۳۸ درصد بود که با تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم بدون کود پتاسیم تفاوت معنی داری نداشت و کمترین شاخص برداشت در تیمار عدم مصرف باکتری ریزوبیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار به میزان ۱۰/۷۳ درصد بود که با تیمار تلقیح باکتری ریزوبیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم در هکتار تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۴-۴۶).

در این آزمایش اثر اصلی باکتری ریزوبیوم، اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم و اثر متقابل سه گانه قارچ میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم معنی دار نبود.




**شکل ۴-۴۶ اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود پتاسیم بر شاخص برداشت**

## ۴-۲- بررسی روند آنالیزهای رشد

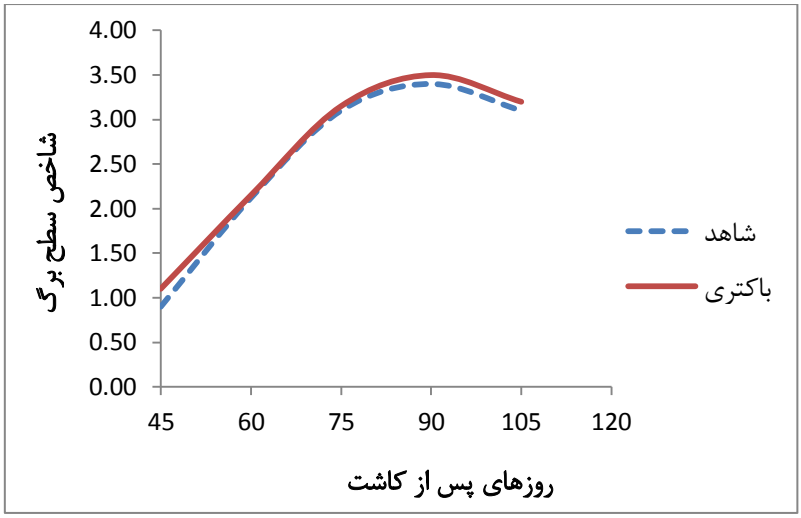
به منظور بررسی تاثیر عوامل آزمایش بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه سویا و تجزیه و تحلیل رشد آن برخی از شاخص های فیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

### ۴-۲-۱شاخص سطح برگ ( LAI)

شاخص سطح برگ از نسبت کل سطح برگ به سطح زمین پوشش داده توسط گیاه بدست می‌اید. (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). میزان افزایش سطح برگ تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. به این ترتیب با تغییر در سطح برگ که تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد، عملکرد گیاه نیز متفاوت است (باویک و باویک، ۲۰۰۲). شاخص سطح برگ به طور کلی در طول دوره رشد نسبت به زمان از معادله درجه دوم پیروی می‌نماید و پس از یک سیر صعودی و رسیدن به یک حداکثر، مجدداً سیر نزولی می‌یابد. با توجه به شکل های (۴-۴۷، ۴-۴۸ و ۴-۴۹) مشاهده می شود که تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها از روند مشابهی برخوردار است به

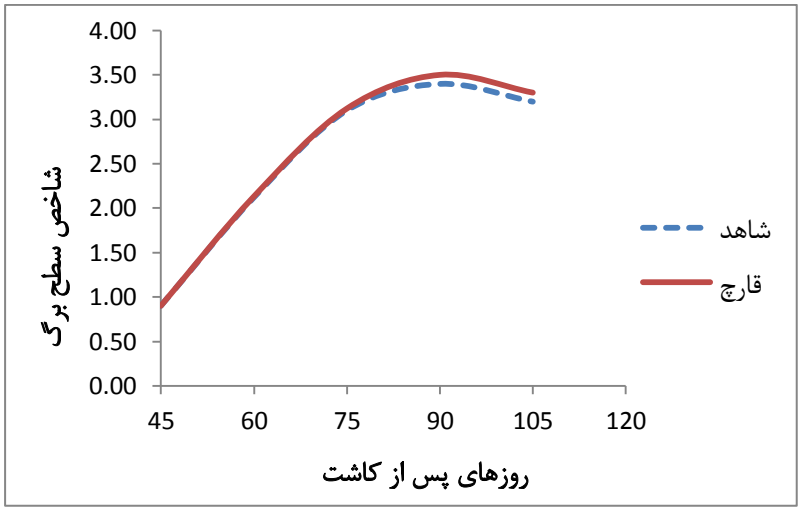
طوری که با رشد گیاه افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود با ازبین رفتن برگ های پیرتر کاهش می یابد.

در این پژوهش تاثیر مصرف باکتری ریزوبیوم و عدم مصرف آن بر شاخص سطح برگ مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در شکل (۴-۴۷) مشاهده می‌شود با مصرف باکتری ریزوبیوم شاخص سطح برگ نیز افزایش یافت. نتایج این بررسی نشان داد که در ۹۰ روز پس از کاشت بوته های سویا به حداکثر میزان سطح برگ در طول دوره رشد رسیدند. و در انتهای فصل رشد شاخص سطح برگ کاهش یافت (شکل۴-۴۷). افزایش شاخص سطح برگ در نتیجه کاربرد باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بر لوبیا توسط کاظمی (۱۳۸۹) گزارش شد.



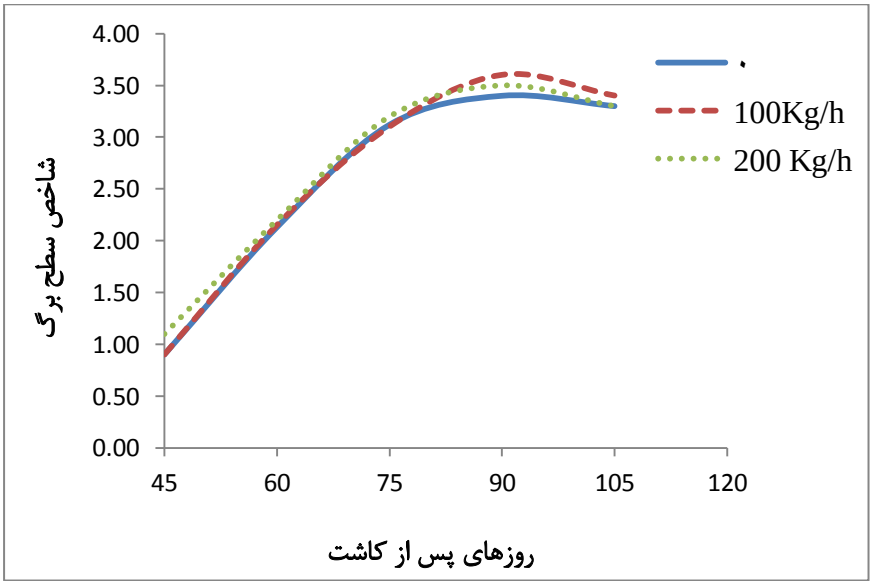

**شکل ۴-۴۷ روند تغییرات سطح برگ در شرایط مصرف باکتری ریزوبیوم**

تاثیر تلقیح بذر با قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ نشان داد که این قارچ تأثیر بهتری بر روند شاخص سطح برگ نسبت به شاهد گذاشت. گیاهان به تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* پاسخ داده و مقدار شاخص سطح برگ در بوته های تلقیح یافته بیشتر از شاهد بود(شکل۴-۴۸).




**شکل۴-۴۸ روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط مصرف قارچ میکوریزا**

تغییرات شاخص برگ تحت تأثیر مصرف کود پتاسیم در شکل (۴-۴۹) نشان داده است. مصرف کود تأثیر قابل توجهی بر شاخص سطح برگ نسبت به شاهد گذاشت. بیشترین شاخص سطح برگ در۹۰ روز پس از کاشت به دست آمد..



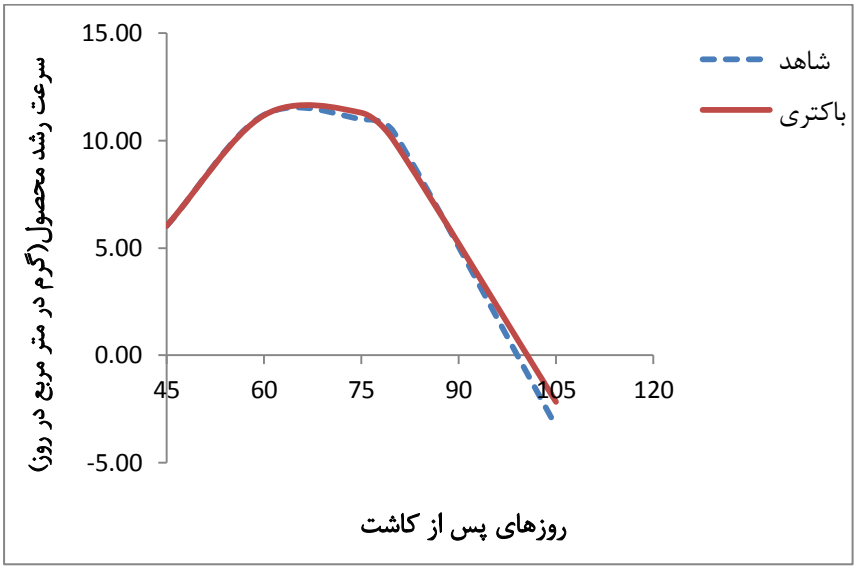

**شکل۴-۴۹ روند تغییرات سطح برگ در شرایط مصرف کود پتاسیم**

## ۴-۲-۳ سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح زمین می باشد. به عبارت دیگر سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح زمین و در واحد زمان می‌باشد(سرمدنیا و کوچکی،۱۳۶۸). در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاهان جذب می‌شود، سرعت رشد محصول کم می‌باشد. با نمو گیاه افزایش سریعی در CGR پدید می‌آید، زیرا سطح برگ توسعه یافته و نور کمتری از لابلای شاخ و برگ به سطح خاک نفوذ می کند (کوچکی و همکاران،۱۳۶۷). با توجه به شکل‌های (۴-۵۰، ۴-۵۱ و۴-۵۲) مشاهده می‌شود که در اوایل فصل رشد CGR همراه با افزایش شاخص سطح برگ به سرعت افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود روند نزولی نشان می‌دهد. مشاهده چنین روندی به علت افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع همزمان با افزایش سطح برگ در اوایل فصل رشد و در نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاهان می‌باشد به طوری‌که با گذشت زمان، سرعت تجمع ماده خشک پس از رسیدن به حد نهایی خود در اثر سایه اندازی اندام‌های فوقانی روی برگ‌ها، کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه و پیر شدن و اتلاف برگ‌ها کاهش یافته و CGR رو به تنزل می‌گذارد (کوچکی و همکاران،۱۳۶۷). کافی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که در اغلب گیاهان زراعی سرعت رشدمحصول با شروع دوره زایشی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و با رسیدگی گیاه، به دلیل توقف رشد و بویژه پیری برگ‌ها کاهش می‌یابد. هرقدر حداکثر رشد محصول از نظر فنولوژیکی در مرحله دیرتری حاصل شود، از نظر تطبیق بهتر آن با نیازهای مقصد و استفاده مستقیم از تولیدات فتوسنتزی جاری، برای رشد دانه‌ها مناسب‌تر خواهد بود.

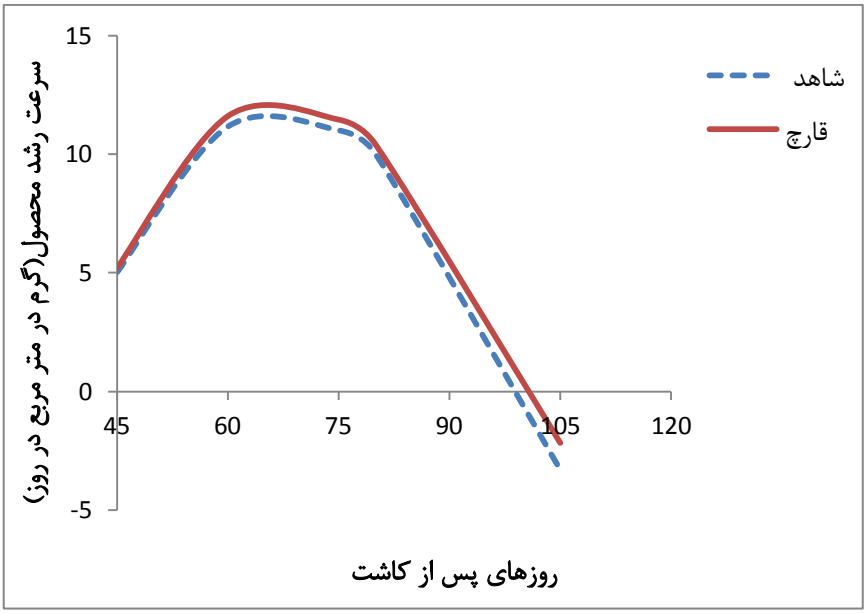
نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با مصرف باکتری ریزوبیوم سرعت رشد محصول نیز افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند به علت افزایش شاخص سطح برگ و جذب بیشتر نور توسط کانوپی باشد. همان گونه که در شکل( ۴-۵۰) مشاهده می‌شود، تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم

بیشترین سرعت رشد گیاه را به خود اختصاص داده است. اثرات تشدیدکننده رشد گیاهانی که با ریزوبیوم تلقیح شده‌اند، عمدتاً به دلیل تولید فیتوهورمون‌ها، محدود شدن قارچ پاتوژن و تثبیت نیتروژن مولکولی می‌باشد (چابوت و همکاران، ۱۹۹۶).



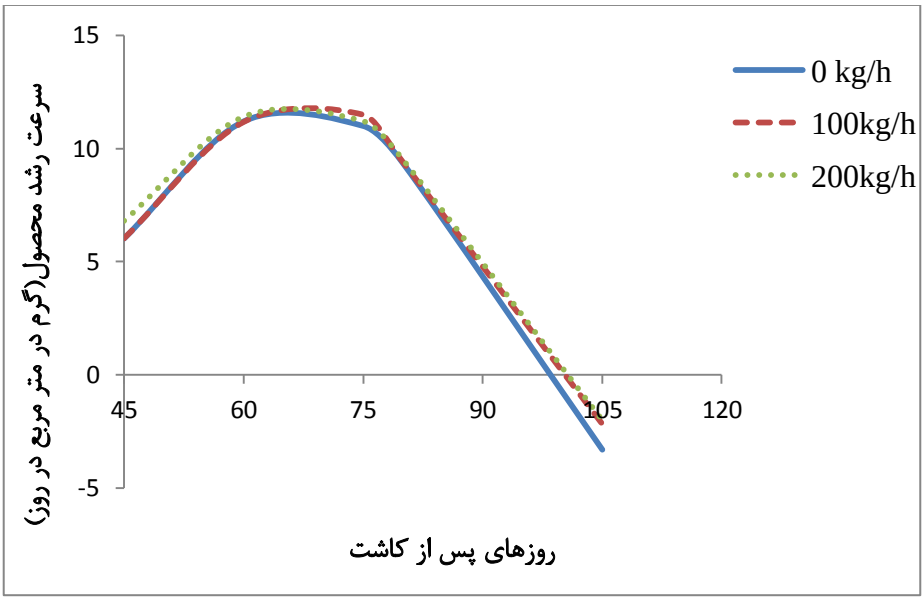

**شکل۴-۵۰ روند تغییرات سرعت رشد محصول در شرایط مصرف باکتری ریزوبیوم**

استفاده از قارچ میکوریزا باعث افزایش سرعت رشد در گیاه سویا شد(شکل ۴-۵۱). کاربرد میکوریزا می‌تواند رشد گیاه را از طریق جذب عناصر معدنی و آب افزایش و بهبود بخشد (ترفدار و مارشچنر، ۱۹۹۴).




**شکل۴-۵۱ روند تغییرات سرعت رشد محصول در شرایط مصرف قارچ میکوریزا**

روند تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به مصرف کود نشان داد که پتاسیم موجب افزایش میزان CGR نسبت به بوته‌های عدم مصرف شد (شکل ۴-۵۲).

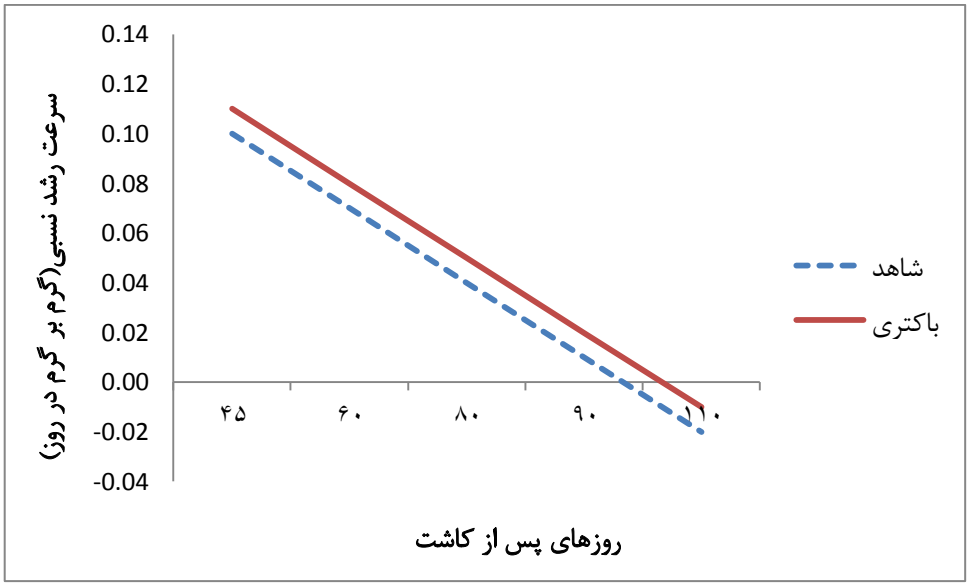



**شکل۴-۵۲ روند تغییرات سرعت رشد محصول در شرایط مصرف کود پتاسیم**

## ۴-۲-۴ سرعت رشد نسبی(RGR)

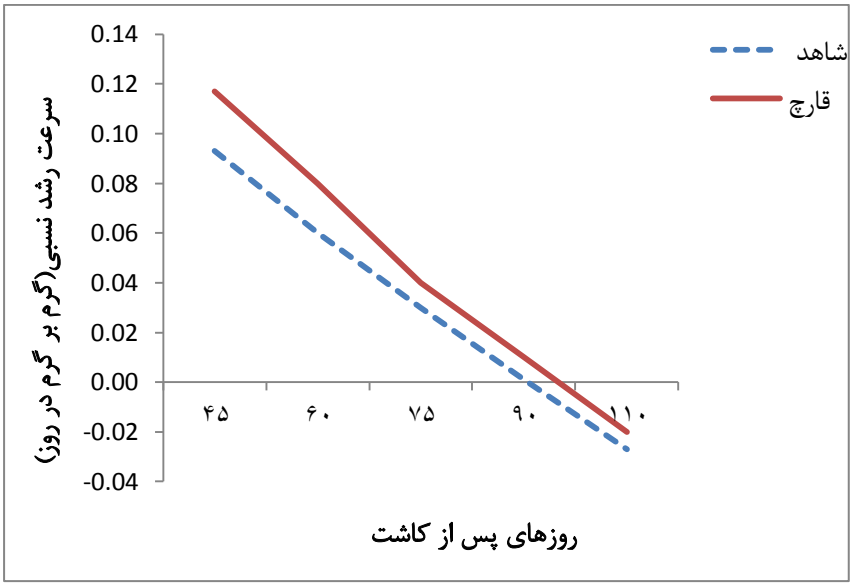
سرعت رشد نسبی بیانگر وزن خشک اضافه شده به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است معمولا بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی،۱۳۶۸). تغییرات سرعت رشد نسبی بر مبنای روزهای پس از کاشت در تیمارهای پس از کاشت در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که در تمام تیمارها، RGR با افزایش سن گیاه کاهش یافته است (شکل‌های ۴-۵۳، ۴-۵۴ و ۴-۵۵). کاهش سرعت رشد نسبی گیاه در طی فصل رشد، می‌تواند به پیری برگ‌های پایینی، در سایه قرار گرفتن آنها و همچنین افزایش بافت‌های متابولیکی فعال نسبت داده شود (سرمدنیا و کوچکی،۱۳۶۸). به عبارت دیگر با توجه به اینکه میزان RGR تابع سطح کل فتوسنتزکننده گیاه است به همین دلیل با افزایش سن گیاه و افزایش مقدار تنفس، در اواخر فصل رشد کاهش می‌یابد. سارکر (۲۰۰۳) نشان داد که سرعت رشد نسبی با گذشت زمان کاهش می‌یابد که چنین روندی به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و به طور کلی افزایش تعداد برگ‌هایی است که منجربه سایه اندازی بر روی برگ‌های قبلی می‌شوند. افزایش سن برگ‌های پایین تر گیاه نیز موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد. این مسئله توسط محققین دیگر نیز در مورد گندم گزارش شد (دیوید سون و کامپبل،۱۹۸۴؛ کریمی و سیدیکیو،۱۹۹۱).

با توجه به شکل(۴-۵۳) مشاهده می‌شود که با مصرف باکتری ریزوبیوم سرعت رشد نسبی افزایش پیدا کرده است. علت این امر را می‌توان به شاخص سطح برگ بیشتر در تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم نسبت داد.

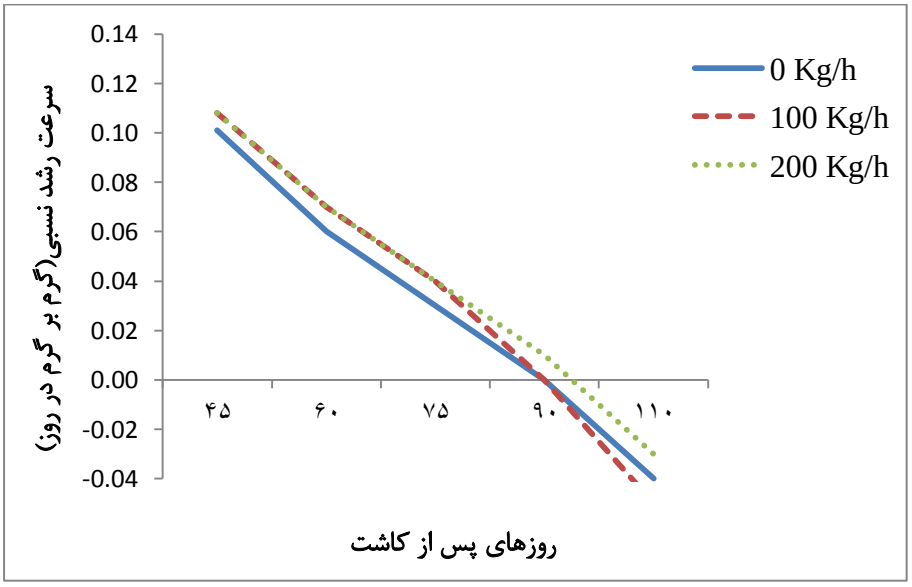



**شکل۴-۵۳ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف باکتری ریزوبیوم**

تلقیح گیاه با قارچ نیز موجب افزایش RGR نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۵۴). همچنین کاربرد کود پتاسیم سرعت رشد نسبی را نسبت به عدم مصرف کود افزایش داد (شکل ۴-۵۵). سروری (۱۳۸۷) گزارش کرد مصرف ۸۰ کیلوگرم درهکتار پتاسیم نسبت به تیمار شاهد، سرعت رشد نسبی بیشتری را برای سویا موجب شد. عزیزی (۱۳۷۷) اعلام کرد در سطوح بالای پتاسیم در انتهای فصل رشد سویا، چون بوته ها برگهای خود را به مدت بیشتری نسبت به شاهد و اولین سطح پتاسیم حفظ می کنند، دارای RGR بیشتری هم هستند یا شیب افت RGR در آنها ملایم تر است.




شکل۴-۵۴ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف قارچ میکوریزا




شکل۴-۵۵ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شرایط مصرف کود پتاسیم

## نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک غلاف، درصد کلونیزاسیون ریشه ،تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد دانه ،درصد روغن دانه، درصد پروتئین و عملکرد بیولوژیک گردید.
۲. تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا موجب افزایش صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک غلاف، ارتفاع، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، کلونیزاسیون ریشه، عملکرد دانه، درصد پروتئین و روغن دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد.
۳. کاربرد کود شیمیایی پتاسیم موجب افزایش ارتفاع، درصد کلونیزاسیون ریشه، وزن صد دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین دانه و شاخص برداشت گردید، که در بیشتر موارد بین مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت از لحاظ آماری نبود.
۴. کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کودپتاسیم در هکتار باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید.
۵. تلقیح توأم باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا موجب افزایش ارتفاع، درصد کلونیزاسیون ریشه، تعداد غلاف در بوته و درصد روغن دانه نسبت به عدم تلقیح دو میکروارگانیسم شد. که در آن‌ها ارتفاع و درصد کلونیزاسیون ریشه تیمار تلقیح باکتری به تنهایی اثر بیشتری نسبت به سایر تیمارها اعمال کرد.
۶. استفاده از باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم شاخص‌های رشد را نسبت به شاهد افزایش داد. در این بین کود پتاسیم و قارچ میکوریزا تأثیر بیشتری بر شاخص‌های رشد داشتند.

## پیشنهادها

۱. آزمایش حداقل دو سال دیگر اجرا گردد.

۲. مطالعات گسترده‌تر در مورد تأثیر سطوح متفاوتی از کودهای شیمیایی پتاسیم بر گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار و باکتری ریزوبیوم

۳. بررسی اثرات متقابل سویه‌های مختلف باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا برای شناسایی بهترین ترکیب

۴. بررسی عکس‌العمل باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نسبت به سطوح مختلفی از مقادیر کود شیمیایی پتاسیم بر گیاه سویا

۵. سیاست های حمایتی دولت از تولید کودهای زیستی کشور با اختصاص بخشی از یارانه کودهای شیمیایی به این نهاده ها، افزایش یابد.

۶. انگیزه کشاورزان در استفاده از کودهای زیستی با ارائه آموزش‌های تئوری و عملی لازم افزایش یابد.

**جدول پیوست۴-۱ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کودپتاسیم**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع | درصد همزیستی میکوریزایی | وزن خشک غلاف |
|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۳ | ۷۴/۴۴۳ | ۹/۲۴۳ | ۴۸۹۹/۲۶۲ |
| مایکوریزا | ۱ | ۶۱۰/۵۴۲** | ۳۱۵/۱۸۸** | ۲۵۰۴۱۸/۵۳۰** |
| رایزوبیوم | ۱ | ۲۴۷۷/۵۳۲** | ۹۹/۱۸۸* | ۲۶۳۵۲۹/۲۴۶** |
| پتاسیم | ۲ | ۲۹۹/۸۶۲* | ۷۸/۱۸۸* | ۴۰۴۱۴/۴۷۸** |
| مایکوریزا×رایزوبیوم | ۱ | ۱۵۰۲/۰۳۴** | ۳۱۵/۱۸۸** | ۱۶/۵۶۸ |
| مایکوریزا×پتاسیم | ۲ | ۱۲۲۶/۴۰۸** | ۳۵/۴۳۸ | ۳۶۵۹۳/۲۴۶** |
| رایزوبیوم×پتاسیم | ۲ | ۹۷/۰۸۵ | ۲۵/۱۸۸ | ۳۵۴/۴۱۵ |
| مایکوریزا×رایزوبیوم×پتاسیم | ۲ | ۳۶/۱۸۲ | ۶۹/۶۳۸* | ۵۰۴۹۵/۰۵۱** |
| اشتباه آزمایشی | ۳۳ | ۶۸/۶۰۹ | ۲۰/۶۲۲ | ۳۱۳۰/۲۸۱ |
| ضریب تغییرات(درصد) | | ۱۱/۷۰ | ۵/۲۹ | ۱۵/۸۷ |

* و ** به ترتیب معنی‌داردر سطح ۵ درصد و ۱ درصد

**جدول پیوست۴-۲ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کودپتاسیم**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد غلاف در بوته | تعداد دانه در غلاف | وزن صد دانه | عملکرد دانه |
|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۳ | ۰/۹۴۵ | ۰/۰۱۸ | ۲/۰۸۷ | ۲۰۸۷۱/۶۱۱ |
| مایکوریزا | ۱ | ۱/۵۵۹ | ۰/۰۷۸ | ۱/۹۲۸ | ۱۹۲۸۰/۰۸۳ |
| رایزوبیوم | ۱ | ۲۷۷/۲۰۰** | ۰/۳۵۵* | ۱۳/۵۸۹** | ۱۳۵۸۹۴/۰۸۳** |
| پتاسیم | ۲ | ۱۵۹/۷۷۵** | ۰/۱۶۴ | ۲۱/۶۸۱** | ۲۱۶۸۱۳/۷۷۱** |
| مایکوریزا×رایزوبیوم | ۱ | ۳۵/۶۲۱* | ۰/۰۰۰ | ۴/۵۱۴ | ۴۵۱۴۱/۳۳۳ |
| مایکوریزا×پتاسیم | ۲ | ۵۹/۸۵۶** | ۰/۱۰۱ | ۱۵/۰۷۳** | ۱۵۰۷۳۰/۳۹۶** |
| رایزوبیوم×پتاسیم | ۲ | ۲۴۱/۳۳۱** | ۰/۳۴۰** | ۳/۲۷۰ | ۳۲۷۰۱/۸۹۶ |
| مایکوریزا×رایزوبیوم×پتاسیم | ۲ | ۱۷۷/۶۸۵** | ۰/۱۱۷ | ۶/۷۷۸** | ۶۷۷۷۹/۷۷۱** |
| اشتباه آزمایشی | ۳۳ | ۸/۱۱۵ | ۰/۰۵۳ | ۱/۲۵۲ | ۱۲۵۱۷/۶۸۷ |
| ضریب تغییرات(درصد) | | ۱۴/۸۷ | ۹/۸ | ۱۰/۶۵ | ۱۰/۶۵ |

* و ** به ترتیب معنی‌داردر سطح ۵ درصد و ۱ درصد

**جدول پیوست ۴-۳ میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کودپتاسیم**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت | درصد روغن | درصد پروتئین |
|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۳ | ۱۳۰۰۳۶۱/۲۲۲ | ۱/۰۲۷ | ۰/۰۰۲ | ۲/۵۰۲ |
| مایکوریزا | ۱ | ۳۱۲۹۲۲۴۰/۳۳۳** | ۱۳۹/۳۳۳** | ۲/۱۵۵** | ۲۵/۸۴۳** |
| رایزوبیوم | ۱ | ۱۱۳۷۶۳۲۱/۳۳۳** | ۰/۸۸۰ | ۰/۸۸۸** | ۳۰/۶۲۴** |
| پتاسیم | ۲ | ۲۴۴۱۹۴۰۹/۰۸۳** | ۱۹۳/۲۲۲** | ۲/۳۸۶** | ۵/۶۱۸** |
| مایکوریزا×رایزوبیوم | ۱ | ۵۵۴۷۰۰ | ۴/۷۶۳ | ۰/۰۲۹** | ۰/۲۶۷ |
| مایکوریزا×پتاسیم | ۲ | ۵۴۸۶۸۳۳/۰۸۳** | ۸۴/۵۶۶** | ۳/۶۳۹** | ۱۲/۶۷۰** |
| رایزوبیوم×پتاسیم | ۲ | ۶۷۶۲۷۱۸/۰۸۳** | ۳۹/۱۴۰* | ۴/۵۴۷** | ۸/۹۱۳** |
| مایکوریزا×رایزوبیوم×پتاسیم | ۲ | ۸۳۵۹۷۷۷/۷۵۰** | ۴/۲۴۵ | ۳/۴۸۹** | ۱۳/۵۶۴** |
| اشتباه آزمایشی | ۳۳ | ۹۷۵۹۰۵/۰۴۰ | ۷/۶۲۵ | ۰/۰۰۲ | ۰/۵۲۱ |
| ضریب تغییرات(درصد) | | ۱۳/۱۸ | ۱۸/۴۶ | ۱/۲۵ | ۲/۰۵ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

**شکل پیوست ۱– نقشه کاشت آزمایش**

تیمارها شامل باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم ، قارچ میکوریزا و کود پتاسیم $M_1$ و $M_2$ به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با قارچ میکوریزا، $p_1$ و $p_2$ عدم تلقیح و تلقیح با باکتری ریزوبیوم، $k_1$، $k_2$ و $k_3$ عدم مصرف کودمصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود در هکتار می‌باشند.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1p_1k_1$ | $M_1p_2k_3$ | $M_1p_2k_2$ | $M_2p_2k_1$ | $M_1p_1k_2$ | $M_2p_1k_2$ | $M_1p_2k_1$ | $M_2p_2k_2$ | $M_1p_1k_3$ | $M_2p_1k_3$ | $M_2p_1k_1$ | $M_2p_2k_3$ |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1p_2k_2$ | $M_2p_1k_2$ | $M_2p_2k_1$ | $M_1p_2k_3$ | $M_1p_1k_1$ | $M_2p_2k_2$ | $M_2p_2k_3$ | $M_1p_1k_2$ | $M_2p_1k_3$ | $M_1p_2k_1$ | $M_1p_1k_3$ | $M_2p_1k_1$ |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $M_1p_2k_1$ | $M_1p_1k_2$ | $M_1p_2k_2$ | $M_2p_2k_3$ | $M_2p_1k_2$ | $M_1p_2k_3$ | $M_2p_1k_1$ | $M_1p_1k_3$ | $M_1p_1k_1$ | $M_2p_2k_2$ | $M_2p_2k_1$ | $M_2p_1k_3$ |

# منابع

احمدی م ر، جاویدفر ف، ( ۱۳۷۷) **" تغذیه گیاه روغنی کلزا"** کمیته دانه های روغنی. ۱۹۴ صفحه.

آلیاری ه، شکاری ف و شکاری ف، (۱۳۷۹) **" دانه‌های روغنی(زراعت و فیزیولوژی)"** انتشارات عمیدی، تبریز.

برین م، علی‌اصغرزاده ن و صمدی ع، ( ۱۳۸۴) " اثر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در خزانه بر خصوصیات رشدی و تغذیه‌ای گوجه‌فرنگی" **مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران**. جلد ۲. صفحات ۵۵ تا ۵۷.

بی نام، ( ۱۳۸۵) **" آمارنامه کشاورزی"** جلد اول محصولات زراعی و باغی(۸۴-۱۳۸۳). نشریه شماره ۸۵/۰۹ دفتر آمار و فناوری اطلاعات معاونت امور برنامه ریزی و اقتصاد وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

بی نام، (۱۳۸۲) **"طرح جامع تولید، صادرات و واردات کودهای شیمیایی و بیولوژیک در دهه ۸۰"** مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

پورجانفشان ص، (۱۳۵۵) " تاثیر عوامل محیطی ( تعداد دفعات آبیاری، کود شیمیایی ازته، تراکم بوته و باکتری ریزوبیوم) بر صفات کمی سویا" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

جامی‌الاحمدی م، کامکار ب و مهدوی دامغانی ع ا، (۱۳۸۵) **"کشاورزی، کود و محیط زیست"** (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۷۲ ص.

خاوازانی ک، ملکوتی م ج، (۱۳۸۰) **" ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور"** چاپ اول، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

خلدبرین ب و اسلام زاده ط، (۱۳۸۴) **" تغذیه معدنی گیاهان آلی"**(ترجمه)، جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز.

خواجه پور م ر، (۱۳۸۳) **" تولید نباتات صنعتی"** انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

خواجویی نژاد ع، (۱۳۸۳) "اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و تراکم کاشت بر ویژگی های رشد، عملکردو اجزای عملکرد سه رقم سویا در کشت دوم" **مجله دانش کشاورزی**، جلد ۱۴، شماره ۲۰، ص ۵۷-۵۰.

رجالی ف، اسماعیلی‌زاده ا، خاوازی ک، همتی و و افشاری م، (۱۳۹۰) " بررسی تأثیر گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار در جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف گندم" **دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران**. تبریز. ۱۲ تا ۱۴ شهریور.

سرمدنیا غ و کوچکی ع، (۱۳۶۸) **" فیزیولوژی گیاهان زراعی"** انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

سروری د، (۱۳۸۷) " اثر عناصر پتاسیم، روی و منگنز بر صفات کمی وکیفی سویا در منطقه بجنورد" پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷۵ صفحه.

صالح‌راستین ن، (۱۳۸۰) " کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار" **ویژه نامه بیولوژی**، جلد ۱۲، شماره ۷، ص ۴۵- ۱.

عزیزی م، (۱۳۷۷) " اثر رژیمهای مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا" پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۳ صفحه.

قاسمی‌پیربلوطی ع ا، دادی ا ا، اکبری غ ع و گل‌پرور ا ر، (۱۳۸۳) " تأثیر تلقیح ارقام لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی (*R. leguminosarum biovar phaseoli*) بر عملکرد دانه و تثبیت نیتروژن در منطقه شهرکرد" **پژوهش‌های زراعی ایران**. ۲ (۱). صفحات ۵۵ تا ۶۵.

کاظمی ز، (۱۳۸۳) " بررسی تلقیح همزمان باکتری ریزوبیوم و حل کننده فسفات در شرایط کم آبی بر لوبیا" پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

کاظمی ش، گاشی س، قنبر ا و کیانوش غ ع، (۱۳۸۴) " بررسی آثار تاریخ کاشت و تلقیح بذر با باکتری برعملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا" **علوم کشاورزی و منابع طبیعی**، جلد ۱۲، شماره ۴، ص ۲۶- ۲۰.

کافی م، قاسمی ع و اصفهانی م، (۱۳۸۴) " بررسی تاثیر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای در منطقه گیلان" **علوم کشاورزی و منابع طبیعی**. ۱۲(۵) :۵۵ -۶۲.

کوچکی ع ، (۱۳۷۵) **" تواید محصولات زراعی"** (ترجمه و تدوین) انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کوچکی ع، راشد محصل م ح، نصیری ور م، صدرآبادی ر، (۱۳۶۷) **" مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی"** انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۰۴ صفحه.

لطیفی ن، (۱۳۷۲) **" زراعت سویا"** (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی.

مجنون حسینی ن، (۱۳۷۵) **" حبوبات در ایران"** نشریه جهاد وابسته به جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۱۴۷-۱۵۸.

مرشدی ع، (۱۳۸۲) "مروری بر تولید و مصرف جهانی کود" **مجله نهاده**، شماره ۷، ص ۲۶-۲۲.

ملکوتی م ج، (۱۳۸۴) **"کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران"** نشر سنا. ص ۴۹۶.

ملکوتی م ج و همایی م، (۱۳۸۳) **"حاصلخیزی خاک های مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه حل ها"** انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ، ۴۸۲ صفحه.

ملکوتی م، (۱۳۷۸) **" روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی"** چاپ چهارم. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس. ص ۱۳۱.

میرزایی ا، (۱۳۸۳) **" ترجمه تاثیر شرایط آب و هوایی در بهره گیری بهینه از آفت‌کش‌ها"** دانشگاه آزاد اسلامی گرمسار.

نادیان ح، (۱۳۸۴) " بررسی برهم‌کنش باکتری *Rhizobium trifoli* و قارچ آربوسکولار میکوریزا *Glomus intraradices* بر رشد و جذب فسفر و ازت توسط شبدر برسیم" **نهمین کنگره علوم خاک ایران**. ص ۳۲.

ناصری ف، (۱۳۷۵) **" دانه های روغنی"** (ترجمه). انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.

ناظری پ، کاشانی ع، خاوازی ک، اردکانی م ر، میرآخوری م و پورسیاه‌بیدی م م، (۱۳۸۹) "واکنش لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) به تلقیح با ریزوبیوم و کاربرد نواری کودزیستی فسفر گرانوله حاوی روی" **نشریه بوم‌شناسی کشاورزی**. جلد ۲. شماره ۱. صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۵.

یادگاری م و برزگر ر، (۱۳۸۶) **" زراعت ارگانیک لوبیا"** چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد.ص ۱۶۸.

Abel, G. H. and Erdman. (1964), " Response of lee soybean to different strains of Rhizobium Japonicum" , **Agronomy Jurnal**.90: 420-426.

Ahmad, F., Ahmad, I. and Khan, M.S. (2006), " **Screening of free-living rhizospheric**
**bacteria for their multiple plant growth promoting activities**", Microbiological Research.
www.Elsevier. de/micres. Pp: 4- 8.

Albayrak, S., Sevmay, C. S. and Tongel, O. (2006), " Effects of Inoculation with *Rhizobium* on Seed Yield and Yield Components of Common Vetch (*Vicia sativa* L.)" , **J. Agric**. 30:31-37.

Alghewi, I. T. and Russell, M. P. ( 1993), " Develoment and validation of equations to predict index of subsoil potassium supply capability", **Soil Sci**., 155: 349-356.
Al-Karaki, G. N. (2000), **" Growth of plant mycorrhiza tomato and mineral acquisition under salt stress".** Mycorrhiza. 10:51-54.

Allen, E. B. and Allen, M. F. (1986), " Water relations of xeric grasses in the field: intractions of mycorrhizas and competition"**, New Phytologist**, 104: 559-571.

Allen, M.F.(ed). (1992), " Mycorrhizal Functioning, an Integrative Plant – Fungal Prrocess". **Chapman & Hall Press**. NewYork, P. 534.

Allosh, G. A. Z., Zeto, S. K. and Clark, R. B. (2000), " Phosphorus sources, organic matter , in acid soil", **J. of Plant Nutrition**, 23:1351-1369.

Alyary, H. and Shekari, F. (2000). **" Sunflower Agriculture and Physiology",** Amid Publishing, Tabriz, 182 p. (In Farsi).

Ames, R. N., Reid, C. P.P., Porter, L. K. and Cambardella, C. (1983), " Hyphal uptake and transport of nitrogen from two $^{15}$N-labelled sources of Glomus mosseae, a vesicular-arbuscular mycorrhiza fungus", **New Phytol**., 95:381-396.

Antoun, J. (1998), **"Potential of Rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth** promoting Rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes. (*Raphanus sativus L.*)", **Plant and Soil**. 204:57-67.

Arancon, N., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. ( 2004), **" Influences of vermicomposts on field strawberries:1. Effects on growth and yields"**, Bio resource Technol. 93:145-153.

Arumugam, R., Rajasekaran, S., Nagarajan, S. M. (2010), " Response of Arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* inoculation on growth and chlorophyll content of *Vigna unguiculata* (L.) Walp Var. Pusa 151**", J. Appl. Sci. Environ. Manage**. 14(4): 113 – 115.

Asadi Rahmani, H., Afshar, M., Khavazi, K., Nourgholipour, F. and Otadi, A. (2005),**"** Effect of Common bean nodulating rhizobia native to Iranian soils on the yield and quality bean", **Journal of water and soil**, 19(2), 215-223.(in farsi).

Bagyaraj, D. J., Manjunath, A. and Patil, R. B. (1979), "Interaction between a vesicular arbuscular mycorrhizas and *Rhizobium* and their effect on soybean in the field", **New Phytol.**, 82: 141.

**Bajwa,** M. (1993), " Effect of potassium on crop yield and quality in Pakistan. K availability of soils in West Asia and North Africa" , IPI-SWRI, Tehran, Iran.

Barea, J.M., Azcón, R. and Azcón-Aguilar, C. (1992), " Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen-fixing systems", In J.R. Norris, D. Read and A. Varma

(Eds.). Methods in Microbiology. **Techniques for the Study of Mycorrhizae**. London, UK: Academic Press. 24: 391-416.

Barea, J., Werner, D., Azcón-Guilar, C. and Azcón, R. (2005), " Interactions of Arbuscular Mycorrhiza and nitrogen-fixing symbiosis in sustainable agriculture" , D. Werner and W.E. Newton (eds.), nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment, 4: 199-222.

Bavec, F. and Bavec, M. (2002), " Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize cultivars (FAO 100-400)". **Eur. J. Agron.** 16:151-159.

Berta. G., Fusconi. A. and Hooker, J. E. (2002)," **Arbuscular Mycorrhizal modifications to plant root system : scale, mechanisms and consequences",** Pp 7185 In:"Mycorrhiza Technology in Agriculture , from Genes to Bioproducts" Gianinazzi, S., schuepp H. Barea J.M. and Haselwandter K., Basel , Switzerland, Birkhauser Verlag.

Bhat, M. I., Bangroo, S. A., Tahir, A., Yadav, S. R. S., and Aziz, M. A.( 2011), " Combined Effects of *Rhizobium* and Vesicular Arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under temperate conditions", **J. Agr. Sci**. 2(1): 17-20.

Bianciotto, V., Andreotti, S., Balestrini, R., Bonfante, P. and Perotto, S. (2001), " Extracellular polysaccharides are involved in the attachment of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* to arbuscular mycorrhizal structures", **Eur. J. Histochem**.45: 39-49.

Biecknjad, S., Azizi, M., Rameh, V. and Afzali, M. (2010), **" Effect of different potassium and magnesium rates on the yield and yield components of soybean genotypes"**, In: The Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress, Iran, 24-26 July 2010, 1: 3035-3037. (In Farsi).

Biswas, J. C., Ladha, J. K., Dazzo, F. B., Yanni, Y. G. and Rolfe, B. G. (2000), " *Rhizobial*
inoculation influences seedling vigor and yield of rice", **Agronomy Journal**, 92: 880-886.

Bohlool, B. B., Ladha, J. K., Garrity, D. P. and George, T. (1992), " Biokogical nitrogen fixation for sustainable agriculture: A Perspective", **Plant and Soil**, 141: 11- 1.

Chabot, R. Hani, A. and Cescas, P. M. ( 1996), " Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum bivar Phaseoli*", **Plant.Soil.** 184:31121.

Chabot, R., Antoum, H. and cescas, M.P. (1993), " Stimulation of the growth of maize and lettuce by inorganic phosphours-solubilizing micro-organism", **Canadian Journal of Microbiology** . 39:941-947.

Cakmak, I. (2002), " Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways", **Plant Soil**. pp.3-24.

Davidson, H. R. and Campbell, C. A. (1984), " Growth rates, harvest index moisture use manitu spring wheats influenced by nitrogen, temrature and moisture", **Can. J. Plant**. Sci. 64:825-839.

De Data, S.K. and Mikkelson, D.S. ( 1985), **" Potassium nutrition of rice. P. 665-699. In: R.D. Munson (ed) Potassium in agriculture",** ASA, CSSA,SSSA Publ.Madison, Wis., USA.

EL-Desuki, M., Abdel-Mouty, M. M. and Ali, A. H. ( 2006), " Response of onion plants to additional dose of potassium application**", Journal of Applied Science Research**. 2(9): 592-597.

Elhadi, E. A. and Elsheikh, E. A. E. ( 1999), " Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen. Fertilization on yield and protein content of six chickpea (cicer arietinum L.) cultivars in marginal soils under irrigation", **Nutri. Cycling in Agroecosys**. 54: 57-63.

El-Kadi, M. (1999), " Balanced nutrition management with potassium in relying drought and salinity stress of crop raised under the condition of the desert. International Symposium on Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium**",** **Iranian Soil and Water Research Institute**, 56: 41- 44.

Elsheikh, E. A. E. and Elzidany, A. A. (1997), "Effects of Rhizobium inoculation, organic and chemical fertilizers on yield physical properties of faba bean seeds", **Plant Foods For Human Nutrition** 51: 137-144.

Fitter, A. H. ( 1991), " Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions", Experientia. 47:350-355.

Garg, N. and Chandel, S. (2011), " Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake in *Cicer arietinum*(L.) under salt stress", **Turk.J. Agric**. For ., 35, pp1.

Gianianazzi, M. and Etal. (1994), **" Recognition and infection process, basis for host specificity of arbuscular mycorrhiza fungi"**, Pp: 61-71.

Giovannetti, M. and Mosse, B. (1980), " An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots", **New Phytol**. 84. pp 489.

Harley, J. L. and smith, S. E. (1983), **" Mycorrhizal Symbiosis"**, Academic Press, New York. P. 483.

Hayman, D. S. (1983), " The physiology of vesicular arbuscular endomycorrhizal symbiosis", **Canadian. J. Botany**. 61: 944-963.

Header, H. E. and Beringer, E. (1981), " Analysis of yield of winter wheat grown at increasing levels of potassium", **J. Sci. Food Agric**, 14: 89-95.

Heakal, L. and Modaish, K. ( 1990), " Combined effects of leaching fraction, salinity and potassium content of water on growth and water use efficiency of wheat and barely", **Plant and Soil**, 125: 177-184.

Jakobson, I. (1987), " Effect of VAM mycorrhiza and harvest index on field grow Pea", **Plant Soil** ., 98, 407.

Johnson, N. C., Graha, J. H. and Smith, F. A. (1997), " Functioning and mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum**" , New Phytologist**. 135: 575-586.

Jungk, A. and Claassen, N. (1986), **"Availability of phosphate and potassium as the result of interactions between root and soil in the rhizosphere"**, Zeits. P flanzenernahrung Bodenkunde. 149: 411-427.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. ( 2004), " Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer", **Bioresource Technol**. 93:307-311.

Karimi, M. M. and Siddique, H. M.( 1991), " Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat, barely and oats in central Alberta", **Can. J. Plant. Sci**. 11:515-518.

Kathleen, K. T. and Cross, A.( 2006), " Global distributions of arbuscular mycorrhizal fungi", **Ecosystems**. 9: 305- 316.

Keyser, H. H. and Li, F. (1992), " Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean", **Plant and Soil**, 141:119-135.

Krishnan, H. R., Jian, G., Krishnan, H. A. and Weibold, W. J. (2000), " Seed storage protein composition of non-nodulation soybean and its influence on protein quality", **Plant Sci**. 2:191-990.

Lambardo, R. ( 1991), " Nitrogen fixation in legumes", **J. Prod. Agric**. 2:281-283.

Leffel, R. C., Cregan, P. B., Balgiana, A. P. And Thibeau, D. J. ( 1992), " Nitrogen metabolismof normal and high-seed-portein soybean", **Crop science**. 32: May-June, N. 3.

Mahmood, A. and Ather, M. (2008), " Cross inoculation studies: Response of Vigna mungo to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid Enviroment", **Int. J. Env**. **Sci. Tech**. 5:135-139.

Marschner, H. (1995), **" Mineral nutrition of higher plants"**, 2nd Ed. Academic Press. London. Pp: 889.

Martin-Prevel, P.J. (1989), **" Physiological processes related to handling and storage quality of crops"**, In: Proceeding of 21st IPI Colloquium on: Methods of K Research in Plants, held at Louvain- la- Neuve, Belgium, 19-21 June 1989. InternationalPotash Institute, Bern, Switzerland. Pp. 219-248.

Meghvansi, M. K., Kamal, P. and Mahna, S. K. ( 2005), " Identification od pH tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strsins and their symbiotic effectiveness in soybean.

Mishra, R. R. (2007), **" Soil microbiology"**, Translated by: A. Fallah, H. Besharati, and H. Khosravi, Aeeizh publisher. pp: 179. (in Persian).

Mohammadi, M. (2006), **" Pedology Agriculture"**, Publications Sepehr publishing center.
(First edition). 245 pp. (In Persian).

Mosse, B. (1973), " Advances in the study of vesicular – arbuscular mycorrhiza". **Annual Review of Phytopathology",** 11:17. 1-196.

Mozafar, A., Jansa, J., Ruh, R., Anken, T., Sanders, I. and Frossard, E. (2001)," Functional diversity of AMF co-existing in agricultural soils subjected to different tillage", Proceeding of the Third International Conference on Mycorrhizas. July 8-13, 2001. Pp. P1, 32. Adelaide, South Australia.

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. (1990), **" total carbon, organic carbon, and, organic matter"**, Pp. 539-579. In: page et al. (eds.).Methodos of soil analysis. Part 2. SSSA. Madison, WI.

Neveen, B., Talaat and Amany., M. Abdallah. (2008), **" Response of Faba Bean (*Vicia faba L.*) to Dual Inoculation with *Rhizobium* and *VA Mycorrhiza* under Different Levels of N and P Fertilization".**

Ojala, J. C., Jarrell, W. M., Menge, J. A. and Johnson, E. L. V. (1983), " influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil", **Agronomy Journal.** 75:755-258.

Ortus, I. and Harris, P. J.( 1996), " Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen" . **Plant Soil**. 184:225-264.

Pacovsky, R. S., Fuller, G., Stafford, A. E. and paul, E. A. (1986), " Nutrient and growth interaction in soybeans colonized with *Glomus Fasciculatum* and *Rhizobium Japonicum*", **Plant Soil**. 92:37-45.

Peaslee, D. E., Hicks, B. F. and Egli, D. B. (1985), " Soil test levels of potassium, yields and seed size in soybean cultivars", **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. 16:899-907.

Perrenoud, S. (1993), **" Fertilizing For High Yeild Potato"**, IPI Bulletin 8. 21nd Edition. International Potash Institute, Basel, Switzerland.

Phillips, J.M. and Hayman, D.S. (1970), " Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection", T. Brit. **Mycol. Soc**. 55. pp 158.

Schwartzkopf, C. (1972), " Potassium, calcium, magnesium-how they relate to plant growth", **USGA Green Section**, pp:1-2.

Sharma, A. K. and Johri, B.N. (2002), **" Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in Plants, Rhizosphere and Soils"**, Science Publisher. Inc, Enfild, Nh, USA.

Shinde, S. V., Naphade, K., Kohale, S. and Fulzele, G. (1993), **" Effect of varying levels of potash on seed and oil yield of sunflower (abstract)",** PKV Research J.17(1):31-32.

Sivaramaiah, N., Malik, D.K. and Sindhu, S.S. ( 2007), " Improvement in sysmbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of Bacillus strains with *Mesorhizobium* sp", **Cicer. Indi. J. Microbio**. 43:51-56.

Smit, S. E. and Reed D. J. (1997), **" Mycorrhiza Symbiosis"**, Academic Press.

Stancheva, I., M. Geneva, G. Zehirov, G. Tsvetkova, M. Hristozkova, and G. Georgiev. (2006), " Effects of combined inoculation of pea plants with *Arbuscular Mycorrhizal fungi* and *Rhizobium* on nodule formation and nitrogen fixing activity", **GEN. APPL. PLANT PHYSIOLOGY**, SPECIAL ISSUE, 61- 66.

Subramanian, K. S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P. ( 2005), " Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress", **Sci.Hortic**., 107, pp 254.

Sulieman, S., Schulze, J. (2010), **" Phloem derived --aminobutyric acid (GABA) is involved in upregulating N2 fixation efficiency in the model legume Medicago truncatula"**, Plant Cell Environ. 33, 2162–2172.

Tarafdar, J. C. and Marschner, H. (1994), " Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants**"**, **Soil Sci Plant Nutr**. 40:593-600.

Talaat, N. B. and Abdallah, M. A. ( 2008), " Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to dual inoculation with *Rhizobium* and VA mycorrhiza under different levels of N and P fertilization," **J. Apply. Sci. Res**. 4(9): 1092 -1102.

Thakare, C. S., Rasal, P. H. and Patil, P. L. (1999), **"Evalutionof efficient Brady Rhizobium strains for soybean"**, Legume-Research. 22:26-30.

Turk, M. A., Assaf, T.A., Hameed, K.M. and Tawaha, A.M. (2006), "Significance of mycorrhizae", **World. J. Agr. Sci**. 2:16-20.

Umar, S. ( 2006**),** " Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application" . **Pakistan Journal of Botany** 38: 1373-1380.

Upadhyay, R. G., Sharma, S. and Daramwal, N. S. ( 1999), **" Effect of Rhizobium and graded levels of phosphorus on the growth and yield of summer green gram (*Phaseolus radiates*)"** , *Legume Research*, 22(4), 277-279.

Valadabadi, S. A. R., Aliabadi Farahani, H. and Khalvati, M. A. ( 2009), " Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K2O application and irrigation according", **Asian Journal of Agricultural Sciences** 1: 19-24.

Vessy, J. k. (2003), " Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer", **Plant and Soil,** 255:271-286.

Von Uexkull, H. R. (1978), **" Potash and rice nproduction in Asia Potash Review"**, Subj 9. Ceral Crops, 41 st suite. No.8:1-6.

Weiss, E. A. (2000), **" Oilseed Crops"**, Blackwell Science, Oxford.

Wiersma, J. V. and Orf, J. H. ( 1992), **" Early maturing soybean nodulation and performance with selected Brady Rhizobium Japonicum"**, Pp. 348-349. In: J. J Landsbeg. (ed.). Environmental effect on soybean physiology. Academic press. NewYork.

Wilcox, J. R. (1987), **" Soybean: improvement, production and uses"**, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Zaman Khan, H., Asghar Malik, M., Farrukh Saleem, M. and Imran, A. (2004), " Effect of different potassium fertilization levels on growth, seed yield and oil contents of canola (*Brassica napus* L.)", **Journal of Agriculture and Biology**, 6(3), 557-559.

Zhang, H. (2002), " Brady Rhizobium Japonicum mutant allowing improved soybean yield in short season areas with cool spring soil temrature", **Crop Science**. 42: 1186-1190.

Abstract

In order to study the effect of mycorrhizal fungi, nitrogen fixation bacter and nitrogen fertilizer on yield and yield components of soy beans, a field experimental was conducted during growing season of 2012 at the Technology University Agricultural Research Station located in Bastam. The experiment was a factorial experiment in the base of randomized complete blocks design with three replications. The factors were mycorrhizal inoculation (inoculated and non-inoculated with *glomus intraradices*), nitrogen fixation bacter inoculation (inoculated and non-inoculated with *Rhizobium japonicum*) and potassium fertilizer (0, 100 ,200 kg/hr).

Growth analysis and leaf dry weight were measured with intervals of 15 days. Yield and yield components were analyzed at the end of the experiment. The results showed that the main effect of mycorrhizal on all variables other than seed weight, number of seeds per pod, number of pods per plant and seed yield was significant. The main effect of potassium fertilizer on all variables except for number of seeds per pod was significant. The main effect of rhizobium bacteria on all variables except for harvest index was significant. Interactions between mycorrhizal and rhizobium bacteria in plant hieght, number of pods per plant, percent oil and mycorrhizal colonization of roots was significant. rhizobium bacteria, mycorrhizal fungi and potassium fertilizer, increased growth index compare to control. Mycorrhizal fungi and potassium fertilizer had a greater imact of the investigated variables in this experiment.

**Keywords**: Soy bean, *Rhizobium japonicum,* Mycorrhiza arbuscular, potassium fertilizer

**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Agriculture**

**Department of Agronomy**

**M. Sc. Thesis**

# Effect of Brady Rhizobium Japonicum and mycorrhiza fungi at different levels of potassium fertilizer on yield and yield components of soybean (*Glycin max*)

**Farzaneh safdari doghaie**

Supervisors:

**Dr. H. Abbas dokht**

Advisors:

**Dr. A. Gholami**

**Dr. H. R. asghari**

January 20014